

La recherche du Higgs au TeVatron

Arnaud Lucotte

Collaboration DØ

Introduction

Enjeu et rôle du TeVatron

Contexte expérimental du Run II

Collisionneur

Les détecteurs

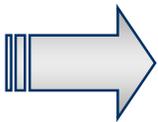
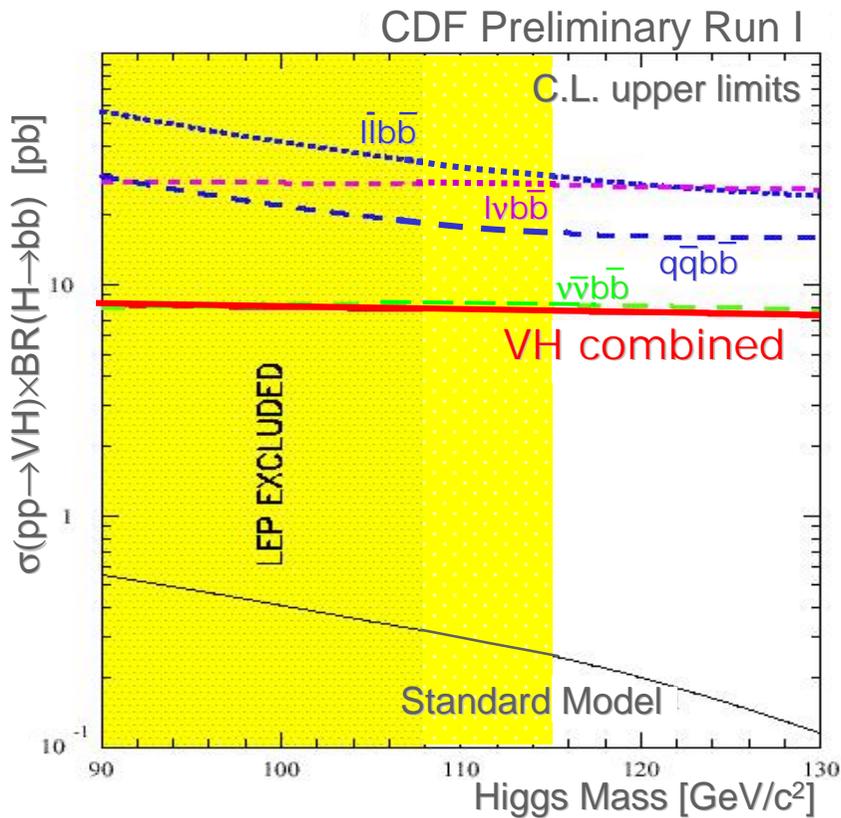
Recherche du Higgs au Run II

Outils

Recherche directe

Contraintes indirectes

Le TeVatron et le Higgs



TeVatron au Run I :
Défaut d'un facteur ~ 30-80 en sensibilité !

Que peut apporter le TeVatron au Run II ?

Trois raisons d'être optimiste:

Collisionneur:

- Hausse de Luminosité délivrée
- Accroissement de l'énergie E_{cm}

Détecteurs:

- Sous-détecteurs + performants
- Nouveaux Détecteurs de Vertex
- Capacité de déclenchement accrue

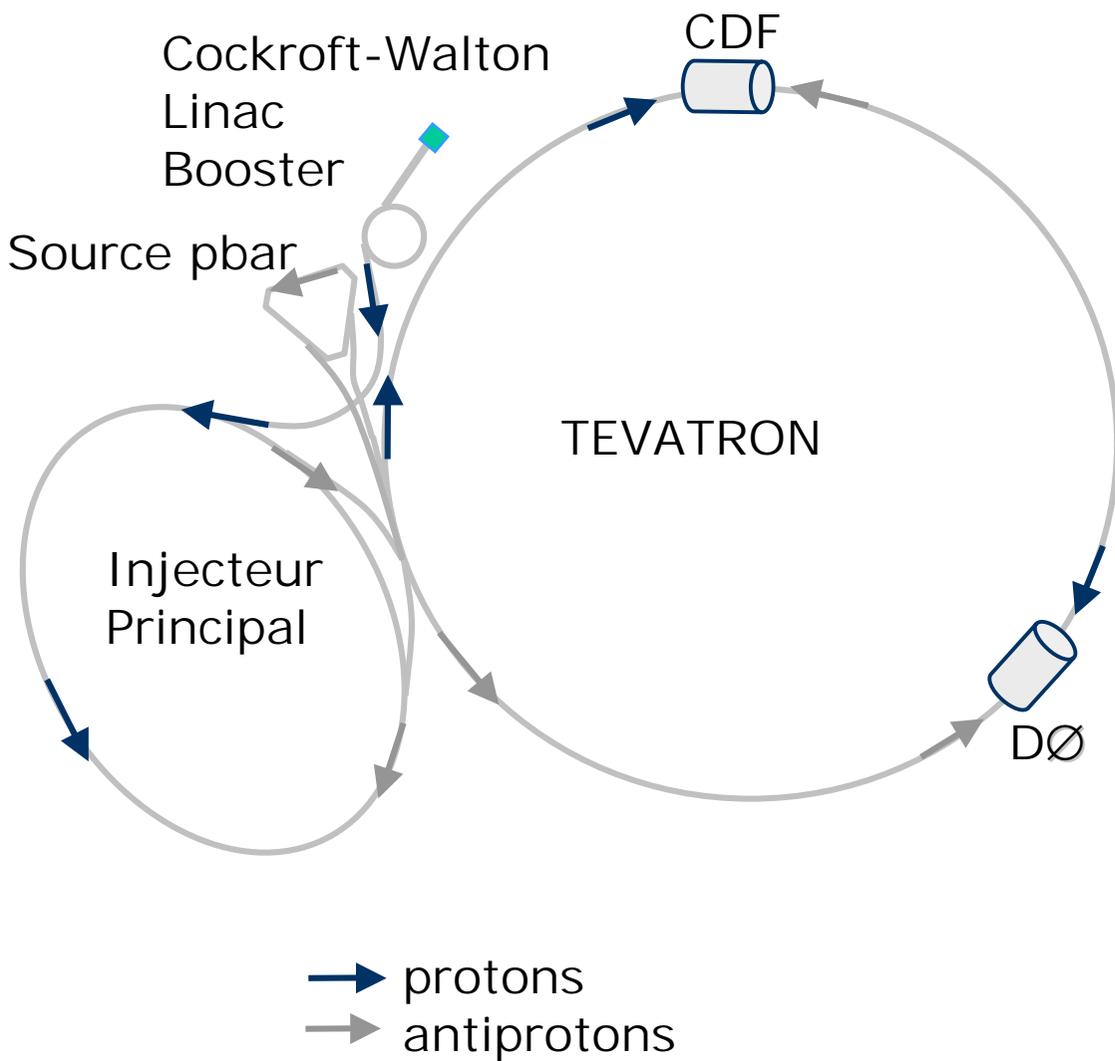
Recherche du Higgs:

- Combinaison de canaux multiples
- Nouveaux outils d'analyse spécifiques
- Nouvelles Contraintes indirectes

Le Collisionneur à FermiLab



Complexe des accélérateurs à FermiLab



Le TeVatron au Run II

Paramètres du collisionneur

$$L = \frac{N_p N_{\bar{p}} f_0}{2\pi(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)} \propto \frac{3\gamma f_0 N_p N_{\bar{p}}}{\beta^* (\epsilon_p + \epsilon_{\bar{p}})}$$

f_0 fréquence révolution

$\gamma = E/m_p$

Nombre de p et \bar{p}

Taille/émittance faisceaux \bar{p} et p

- La Luminosité:
 - Croît avec $N_p/N_{\bar{p}}$
 - Décroit avec σ^2 des faisceaux
ie avec l'émittance $\sigma^2 = \frac{\epsilon \beta^*}{6\pi\gamma}$
- Limitations principales au TeVatron:
 - Nombre d'antiprotons
 - Effets faisceau-faisceau (augmente ϵ donc σ)

Améliorations du TeVatron

- Chaîne de Production des antiprotons:
 - Hausse du taux de production
 - Hausse de l'intensité du faisceau
 - Stabilité du faisceau: "refroidissement"
 - Recyclage après périodes de collisions
- Collisionneur:
 - Montée $E_{\text{faisceau}} = 900 \text{ GeV} \rightarrow 1000 \text{ GeV}$
 - Hausse de l'intensité faisceaux / réduction émittance

La chaîne de production d'antiprotons

Production des antiprotons

Production en 4 étapes:

- production de p incidents

⇒ **Injecteur Principal**

- collisions protons-cible

⇒ **Station Cible**

- Accumulation & refroidissement du faisceau

⇒ **Debuncher/Accumulateur**

- Accélération → 150 GeV

⇒ **Injecteur Principal**

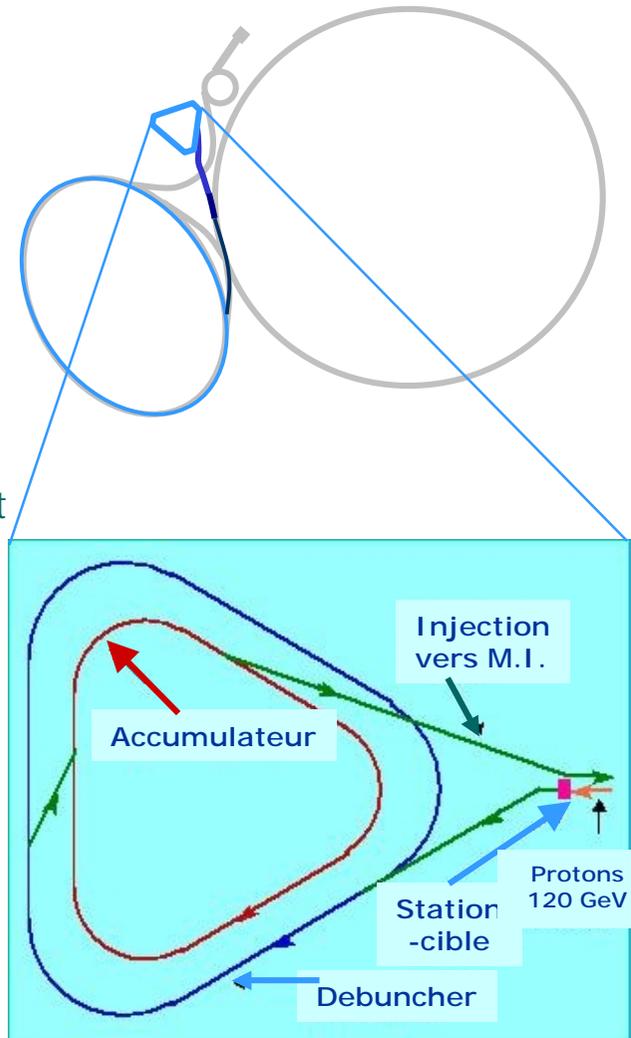
Recyclage des antiprotons

- Délération 150 GeV → 8 GeV

⇒ **Injecteur Principal**

- Recyclage

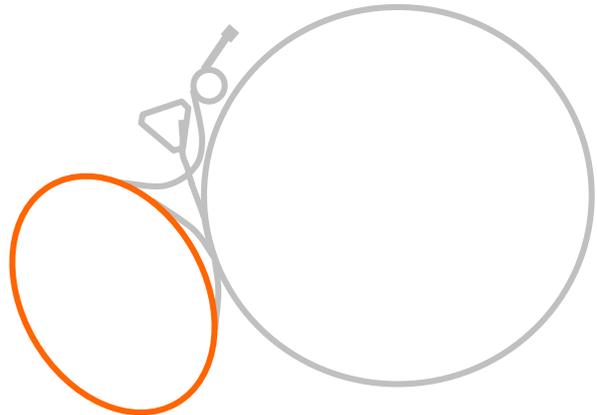
⇒ **Recycleur**



L' Injecteur Principal et le Recycleur

L'injecteur Principal

- Fonction:
 - Synchrotron accélérateur
- Caractéristiques:
 - diamètre: ~ 1 km
 - cavités RF accélératrices
 - guide magnétique
- Synchrotron Accélérateur:
 - accélération / intensité protons:
 $8.9 \rightarrow 150$ GeV / 2.7×10^{11} p (TeVatron)
 $8.9 \rightarrow 120$ GeV / 5×10^{12} p (cible- \bar{p})
 - accélération antiprotons:
 $8.9 \rightarrow 150$ GeV / 7×10^{10} p
 - décélération antiprotons:
 $150 \rightarrow 8.9$ GeV



Accroît l'intensité des protons:
– sur cible: x 1.8 vs Run I
– dans collisionneur : x 1.2



Le Recycleur (fin 2003)

- Recyclage des antiprotons:
 - provenant du TeVatron
 - stockage et refroidissement (2.5×10^{12} \bar{p} / stack)
 - injection dans Debuncher

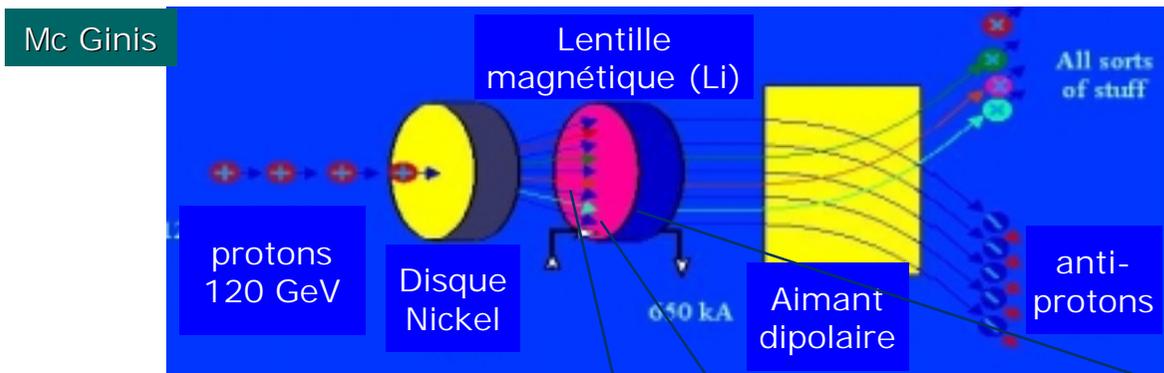
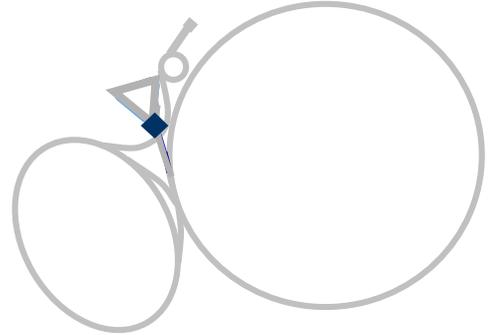


Accroît le nombre d'antiprotons disponible pour les collisions d'un facteur 2

La Station-Cible

Fonctionnement

- protons \rightarrow disque Nickel
 - $\varnothing = 10\text{cm}$ / épaisseur = 2cm
- Filtrage des particules secondaires:
 - focalisation: lentille magnétique
 - aimant dipolaire/1.5 T:
 \rightarrow antiprotons de 8 GeV

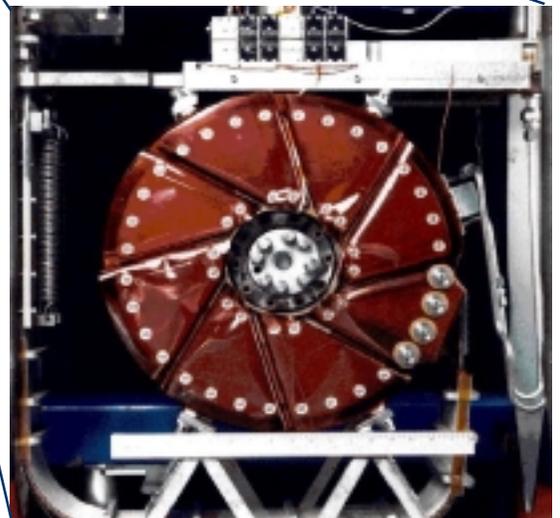


Caractéristiques-faisceaux

- Rendement:
 - 10^6 p/cible \rightarrow 20 \bar{p}
- Structure:
 - $E(p) = 8.9$ GeV
 - Pulsé
 - Large dispersion en E



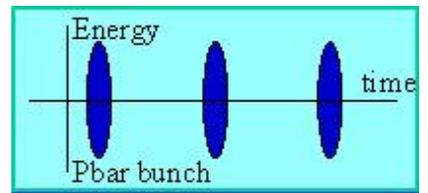
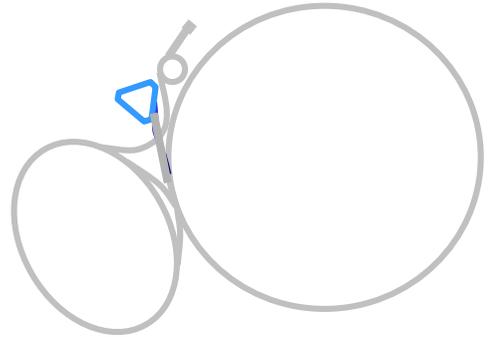
Re-design des lentilles
Eff. De collection x 1.5
vs Run I



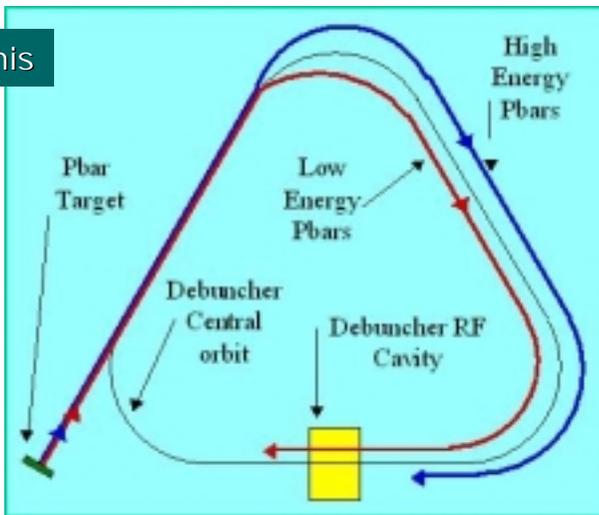
"Debuncher" et Accumulateur

Principe et fonctionnement

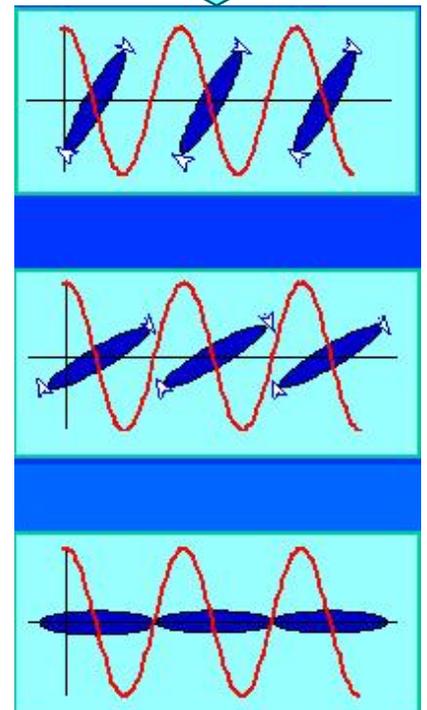
- Anneau de stockage:
 - 11 dipôles+ 19 Quadripôles
 - 3 ensembles Cavités RF
- Objectif du stockage:
 - réduction de dispersion en E
 - injection dans Accumulateur
 - injection dans Injecteur Principal
- Principe:
 - Rotation dans l'espace-phases



Mc Ginis



- trajectoire des pbars $f(E)$
 - intérieur/extérieur de l'anneau
 - arrivée en avance / retard
 - accélération faible / élevée



Amélioration du refroidissement
des anneaux de stockage

Le refroidissement des antiprotons (1)

Objectif

- But du "refroidissement" :
 - formation de faisceau de faible émittance
 - accumulation de faisceaux de haute intensité
 - réduction des pertes de particules / faisceau
- 2 types de refroidissement:
 - Stochastique
 - Faisceau d'électron

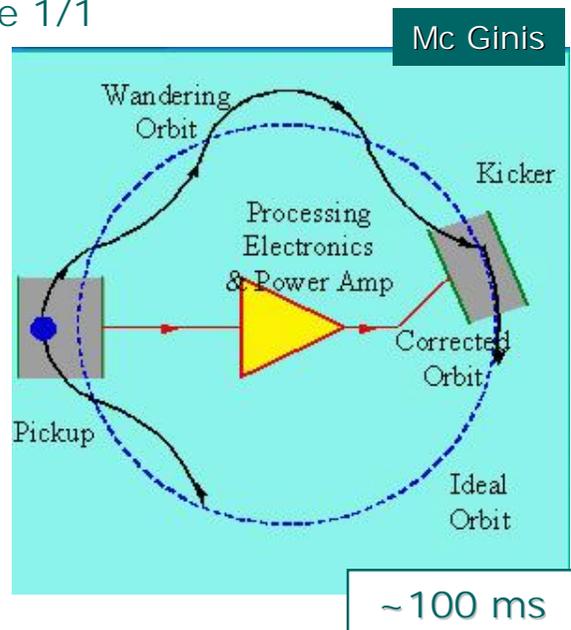
Refroidissement stochastique

Van Der Meer / 1972

- Efficacité:
 - faisceaux de faible densité
 - faisceaux de grande section
- Principe:
 - Orbite des particules corrigée 1/1 par 1 système de feedback
- Fonctionnement:
 - détection $\Delta x, y$ ou ΔE par 1 électrode
 - amplification du signal
 - application d'une correction (déflexion par E)



Amélioré dans les anneaux accumulateur/debuncher

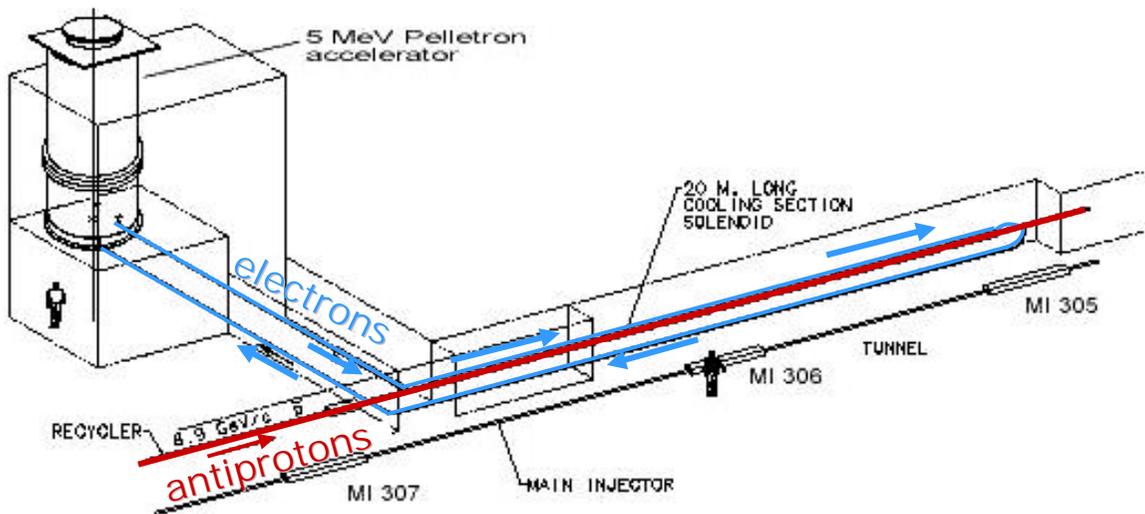
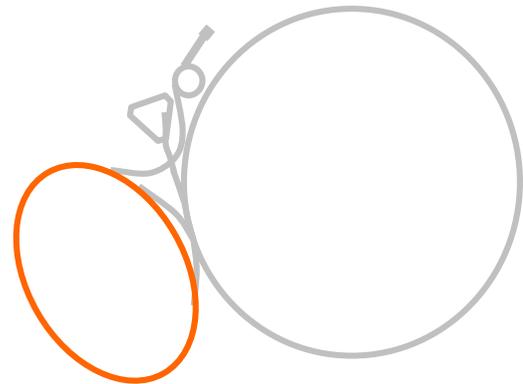


Le refroidissement des antiprotons (2)

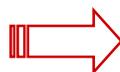
G.I. Budker / 1966

Refroidissement par faisceau d'électrons

- Efficacité:
 - faisceaux de haute densité
 - faisceaux de petite section
- Principe:
 - faisceau froid (e^-) merge avec faisceau chaud (\bar{p})
 - faisceaux de $\sim \langle \text{vitesse} \rangle$
 - diffusion des p sur e^-
→ équilibre thermique avec e^-
 - refroidissement $\propto m_p/m_e$



- Recycleur / 2003

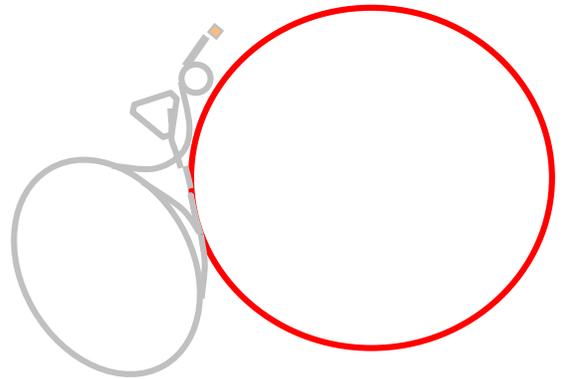


Utilisé dans l'anneau du recycleur (faisceau de haute intensité) -- 2003

Le Collisionneur TeVatron

Caractéristiques

- 772 dipôles:
 - Courant $I_{\max} = 4350 \text{ A}$
 - Champ $B_{\max} = 4.335 \text{ T}$
 - Courbure: 754.1m
- 180 quadrupoles QF ou QD:
 - 99 cellules FODO (59.5m)
 - 32 quads "low β "
- 8 Cavités RF (4 p / 4 pbar)
 - $L \sim 274\text{cm}, 7.6\text{cm}$ / accélération
 - Cuivre, normal conducting
- Nouvelle cryogénie:
 - aimants supraconducteurs 3.6°K



Faisceaux / collisions

- Energie (fixée par I_{\max} /dipôle)
 - $E_{\max} = 1000 \text{ GeV}$
- Structure:
 - $(p \times \bar{p}) = 36 \times 36$ à 140×103
 - $\Delta t \sim 396\text{ns}$ à 132ns
 - Angle de croisement
 $\sim 140\mu\text{rad}$ à 132ns
- Durée de vie:
 - $\tau \sim 8\text{-}12\text{h}$



- Augmentation de $E_{\text{fais}} = 1000 \text{ GeV}$
- Augmentation de $p \times \bar{p}$ / collision
- Angles faisceaux $p \times \bar{p}$ à 132ns

Nouveaux Paramètres machine au Run II

Les améliorations de FermiLab

- Chaîne des protons:
 - Hausse de l'intensité faisceau: pour cible et pour collision
 - installation de l'Injecteur Principal
- Chaîne des antiprotons:
 - Hausse de l'intensité faisceau pour collision
 - collection des antiprotons
 - refroidissement & accumulation
 - recyclage & refroidissement par faisceau d'e-

2003



Taux horaire de production accru d'1 facteur 2-4

- Collisionneur TeVatron:
 - Montée en énergie: $E_{\text{fais}} = 1000 \text{ GeV}$
 - Ajout d'aimants supraconducteurs
 - Accroissement du #collisions:
 - #paquets / intensité / espace entre paquets
 - Angle de croisement entre faisceaux p/ \bar{p} (132ns)
 - réduction de l'émittance faisceaux (ie: taille)
(beam-beam compensation)

Run IIb

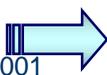
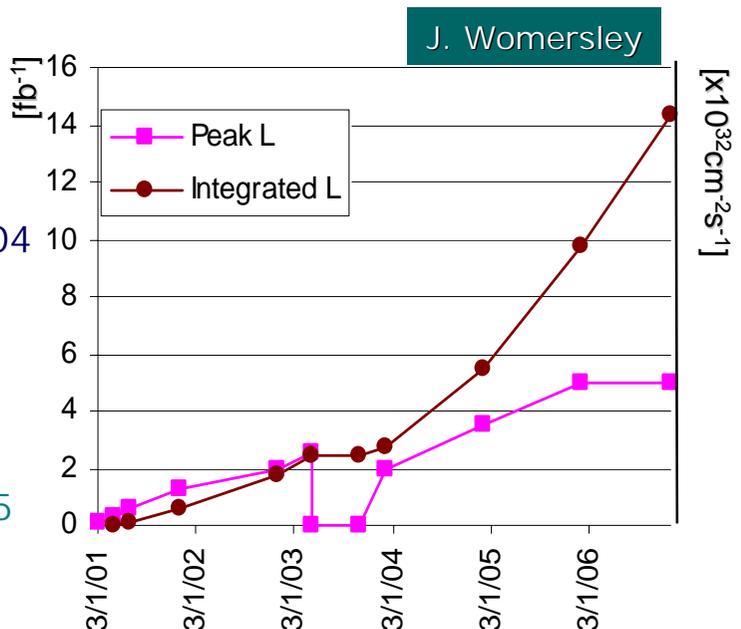
Nouveaux Paramètres machine au Run II

Paramètres machine

	Run Ib	Run IIa	Run IIa	Run IIb
$p \times \bar{p}$	6x6	36x36	140x103	140x103
Protons / paquet	2.3×10^{11}	2.7×10^{11}	2.7×10^{11}	2.7×10^{11}
Total antiprotons	3.3×10^{11}	1.1×10^{12}	4.2×10^{12}	1.1×10^{13}
Temps/ paquets (ns)	3,500	396	132	132
Lumi $\times 10^{32} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$	0.16	0.8	2.1	5.2
Angle croisement (μrad)	0	0	136	136
Fonction β^* (m)	0.3	0.3	0.3	0.3
CM Energy (GeV)	1,800	2,000	2,000	2,000
interactions/crossing	2.6	2.3	1.9	4.8

Agenda

- Run IIa (36x36)
 - Mode 396 ns
 - 17pb^{-1} / semaine
- Run IIa (140x103) / 2004
 - Mode 132ns
 - 42pb^{-1} / semaine
 - Recycleur
- Run IIb:
 - $5 \times 10^{32} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ / 2005
 - 105pb^{-1} / semaine



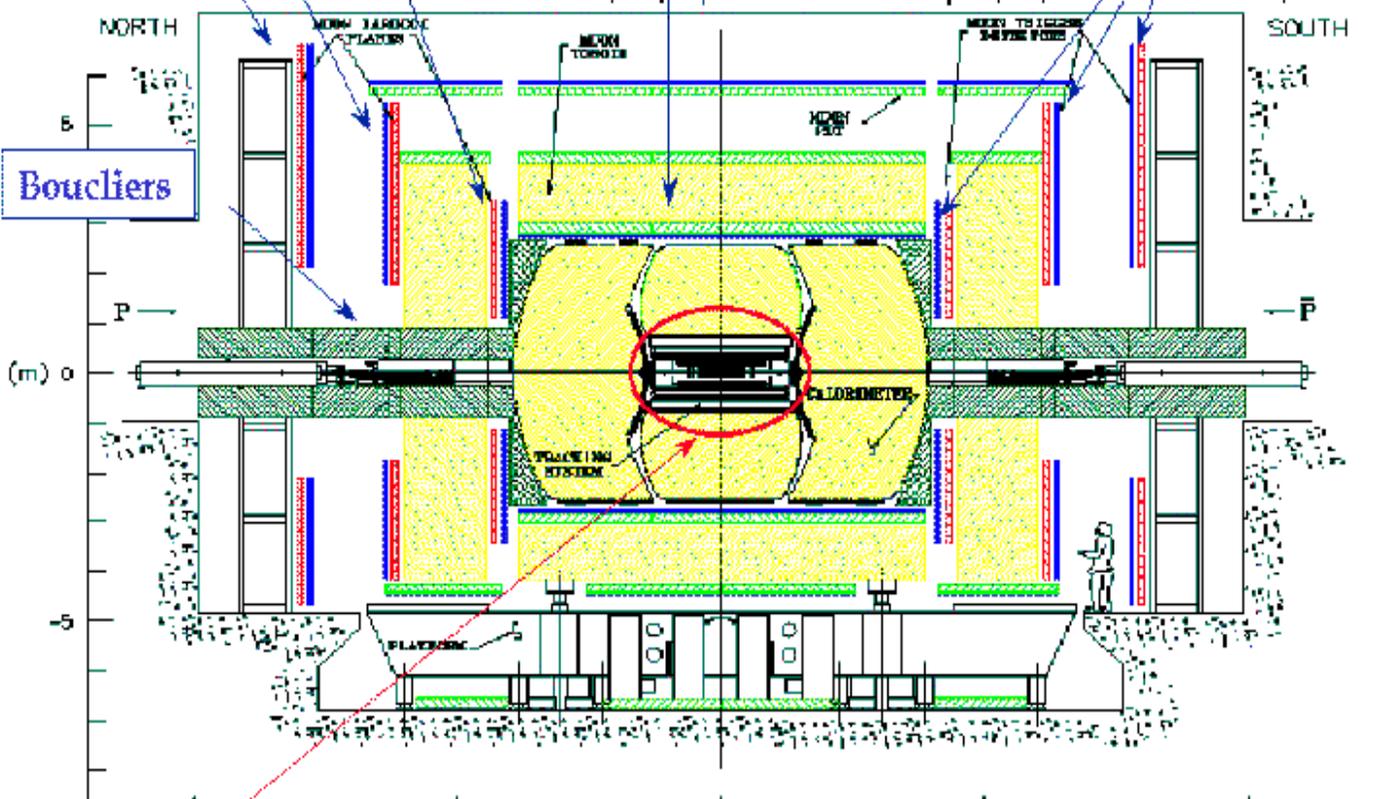
Les détecteurs au TeVatron

L'expérience DØ

Chambres a derive
(Mini-drift) Arrieres

Scintillateur Central

Scintillateurs Arrieres

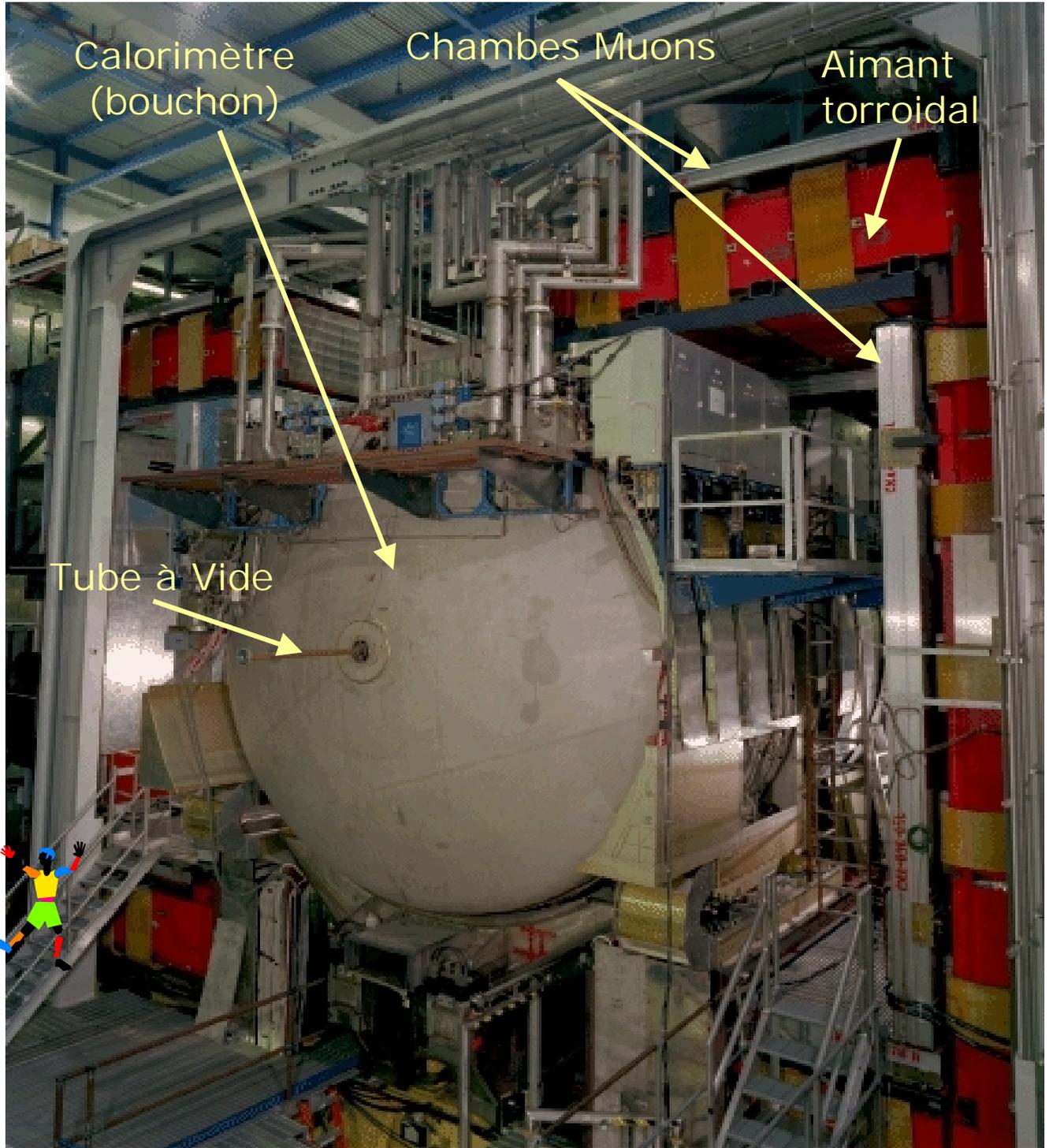


Boucliers

Solenoïde, Detecteur de Traces
Silicon Vertex, Preshowers Fibres Sci.

+ Nouvelle Electronique, Trig, DAQ

Le détecteur DØ



Les atouts de DØ

Calorimétrie EM et hadronique

- Performances comparables au Run I @ $5 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
 - Granularité, Herméticité, Uniformité

Reconstruction des traces

- Nouveau Solénoïde ($B = 2\text{T}$)
- Nouveau détecteur à fibres scintillantes:
 - Reconstruction des traces chargées
 - E/p avec calorimètre
- Nouveau détecteur de Vertex:
 - Reconstruction 3D de Vertex, param. d'impact

Identification des particules

- Nouveaux détecteurs pieds-de-gerbe:
 - Identification e/γ
- Nouveaux scintillateurs muons:
 - Région centrale + bouchon
 - Meilleurs Seuil de détection
- Remplacement chambres /dérive muon

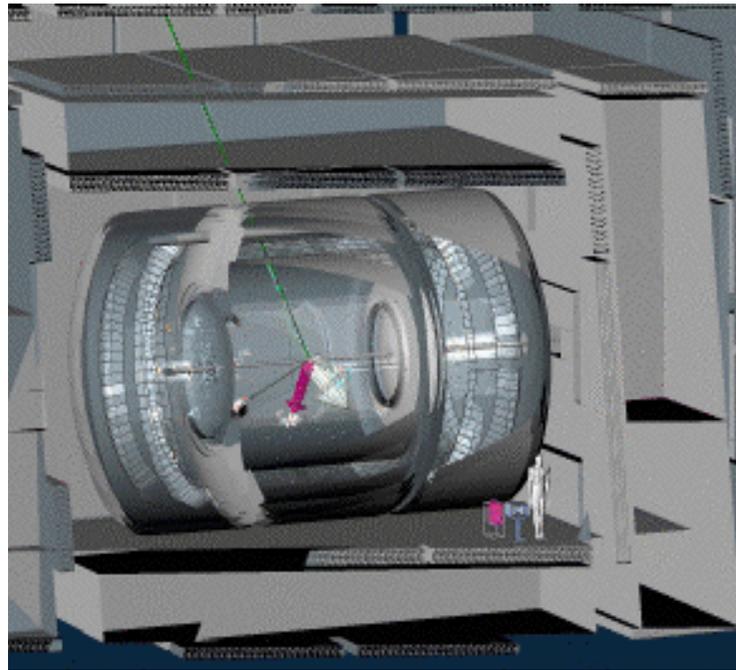
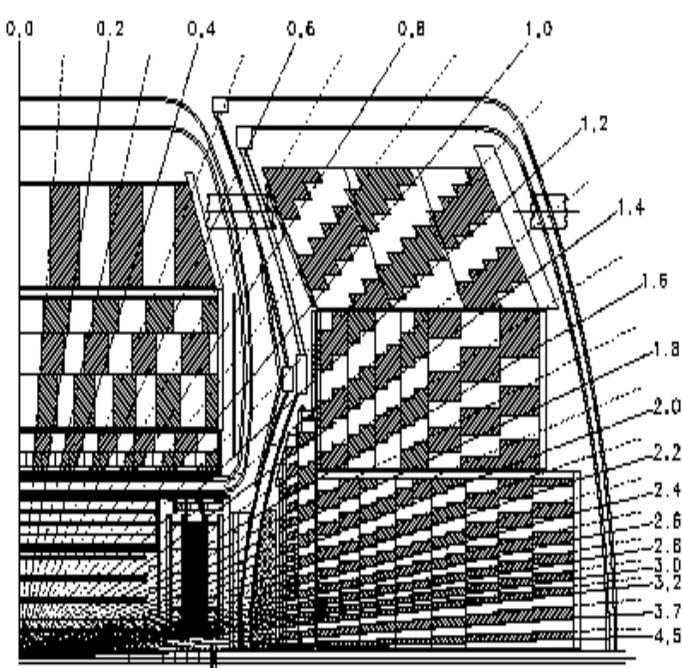
Système de déclenchement

- Acceptance accrue L1/L2/L3: 10 kHz / 1 kHz / 20 Hz
 - Combinaison des détecteurs au 1er niveau
 - Vertex déplacés, Leptons mous

Le Calorimètre de DØ

Caractéristiques:

- Absorbeur : Uranium / Echantillonneur: Argon Liquide
 - Cryostat Central : $|\eta| < 1.0$
 - Cryostat Bouchon : $1.2 < |\eta| < 4.0$
- Segmentation:
 - 5000 Tours: $\Delta\phi \times \Delta\eta = 0.1 \times 0.1$ (décl.: = 0.2×0.2)
 - Fine granularité / extension maximale de gerbe EM

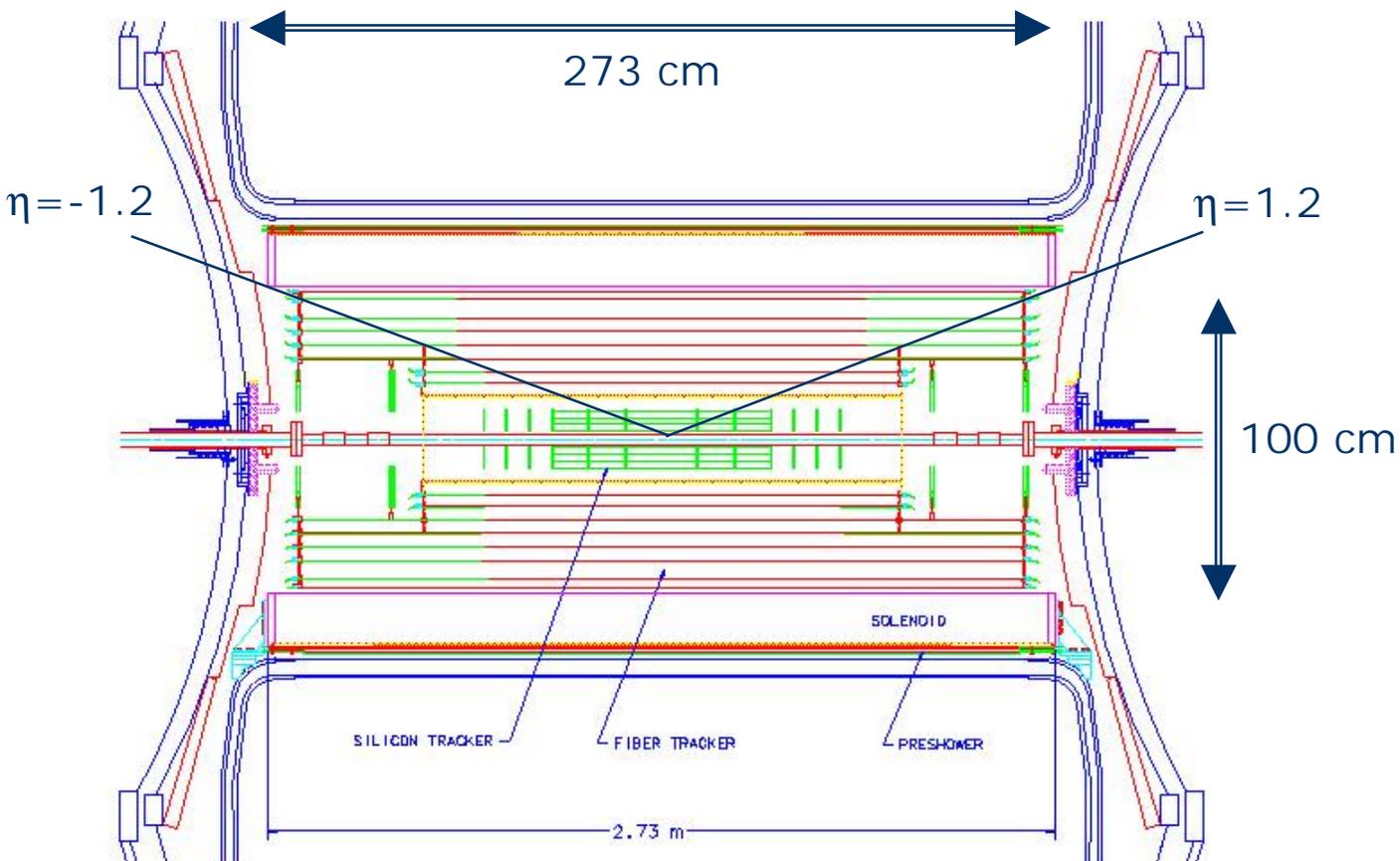


- Performances:
 - $\sigma(\text{EM}) \sim 16\% / \sqrt{E}$ et $\sigma(\text{HAD}) \sim 50\% / \sqrt{E}$
 - Résolution position $\sim 0.8\text{-}1.2 \text{ mm} / e^-$ de 100 GeV

Reconstruction des Traces à DØ

Architecture:

- Détecteur Vertex
 - 6 tonneaux centraux + 12 disques
- Détecteur de Traces
 - 8 super-couches de fibres scintillantes
- Solénoïde (supra-conducteur)
 - champ de 2T
- Preshower
 - 3 couches de pistes / fibres scintillantes

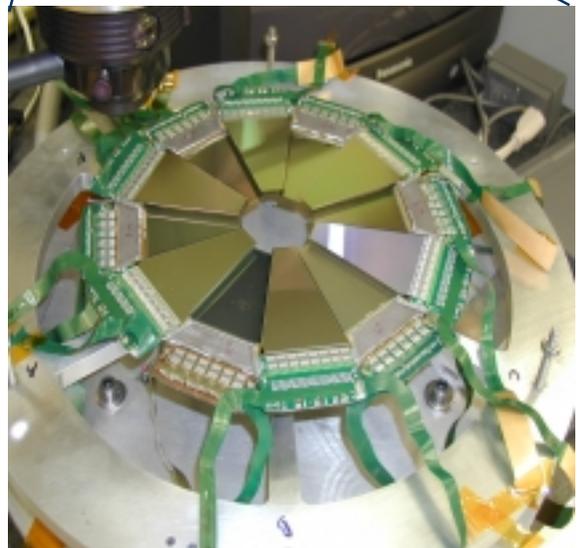
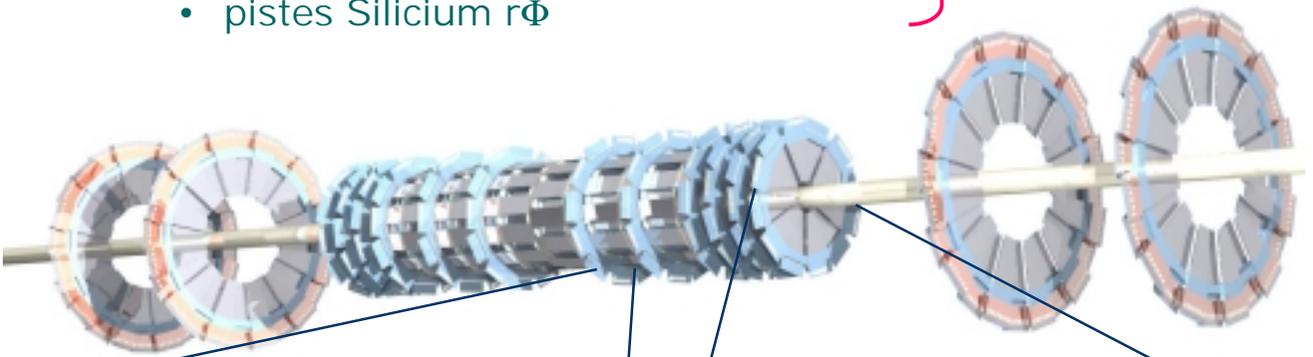


Détecteur de Vertex à DØ

Caractéristiques:

- Couverture :
 - $|\eta| < 1.7$ (tonneaux) et $2.5 < |\eta| < 3.0$ (disques)
 - $R = 2.7$ à 9 cm, $L = 60$ cm
- 6 modules centraux / 4 couches
 - Cylindres Beryllium / pistes Silicium
 - Mesures axiale & stereo (3D)
- 6 disques avant / 12 secteurs:
 - pistes Silicium $r\Phi$

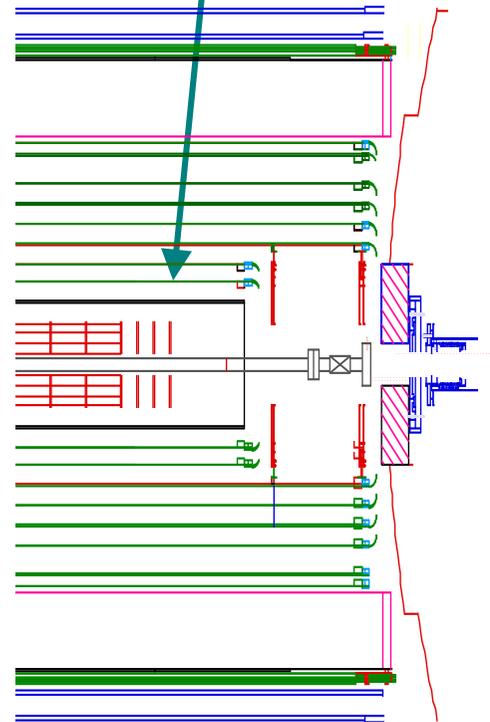
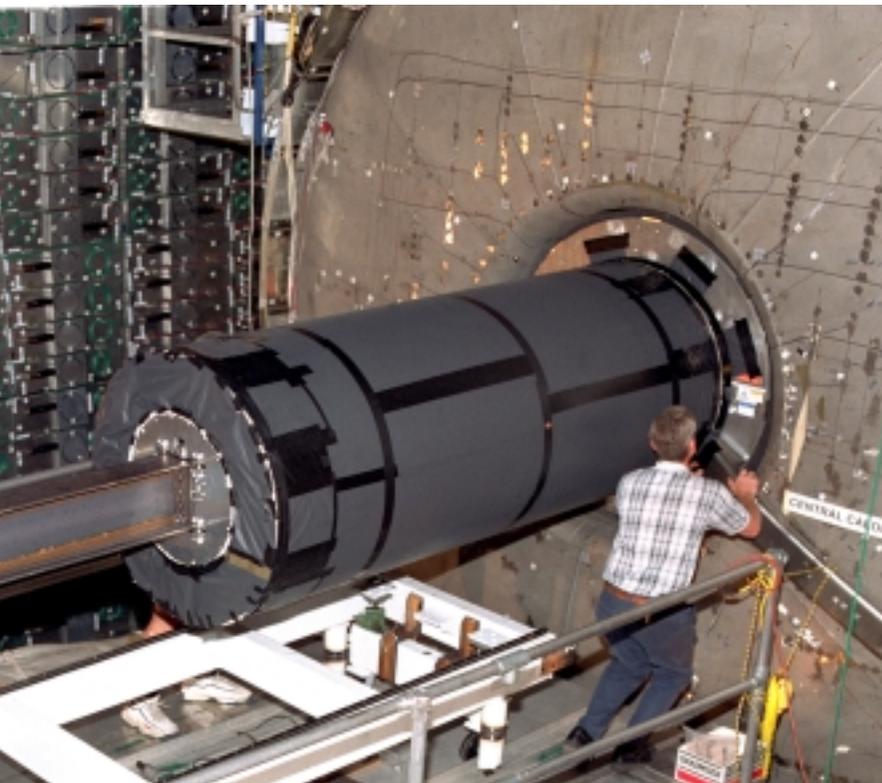
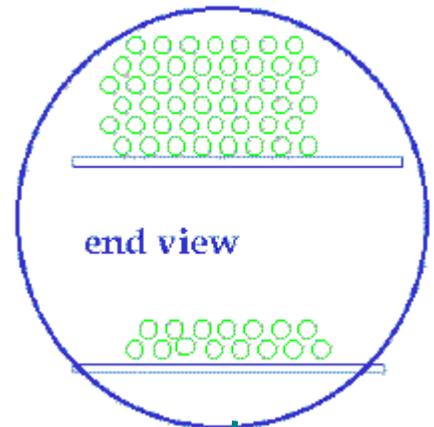
790K canaux
de lecture



Détecteur Central à Fibres scintillantes (CFT)

Caractéristiques:

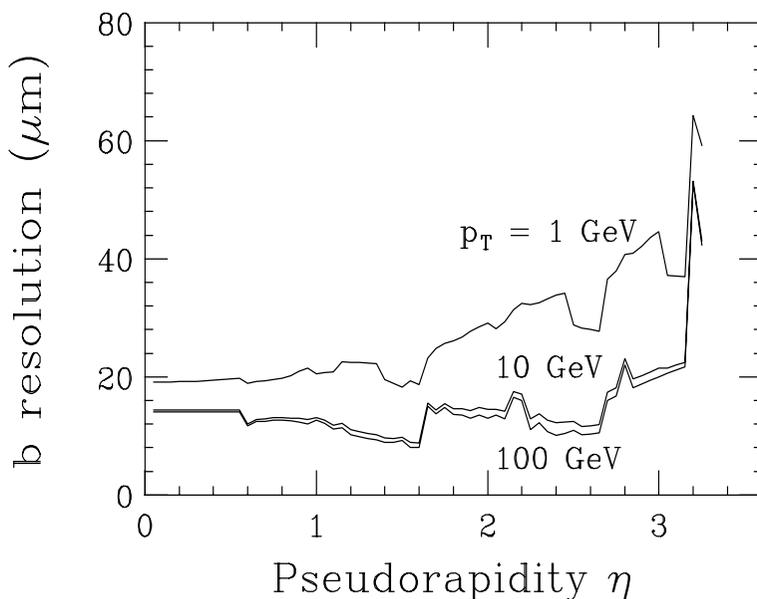
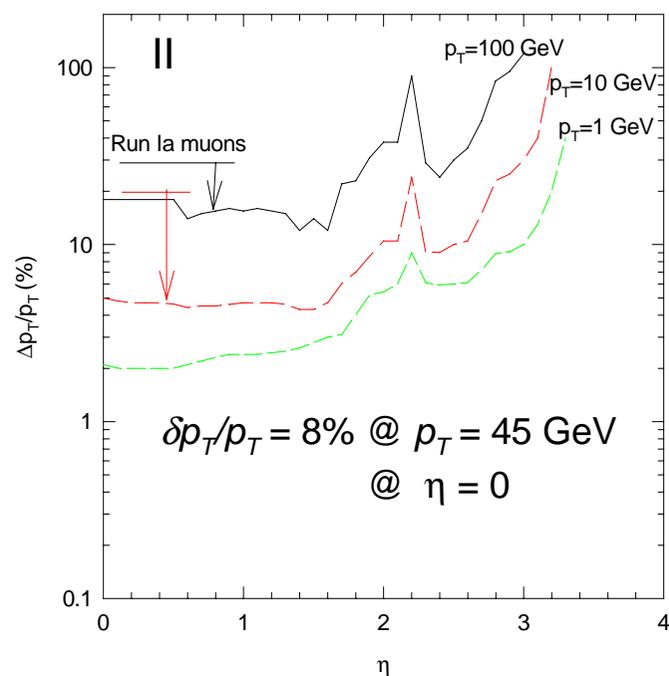
- Couverture:
 - $|\eta| < 1.7$
 - $R = 20$ à 51 cm
- 8 super-couches:
 - Fibres scintillantes $\varnothing = 830 \mu\text{m}$
 - 3 x 2 doublets par couche:
→ mesures axiale & stereo
 - Nombre de canaux $\sim 77\text{k}$
- Performances:
 - 8 hits / trace
 - résolution $\sim 100 \mu\text{m}$



Performances des détecteurs de traces à DØ

Performances

- Efficacité de reconstruction
 - 95% sur large région
- Résolution vs rapidité η
 - moment : $dp_T/p_T^2 = 0.2\%$
 - paramètre d'impact b : $< 80 \mu\text{m}$

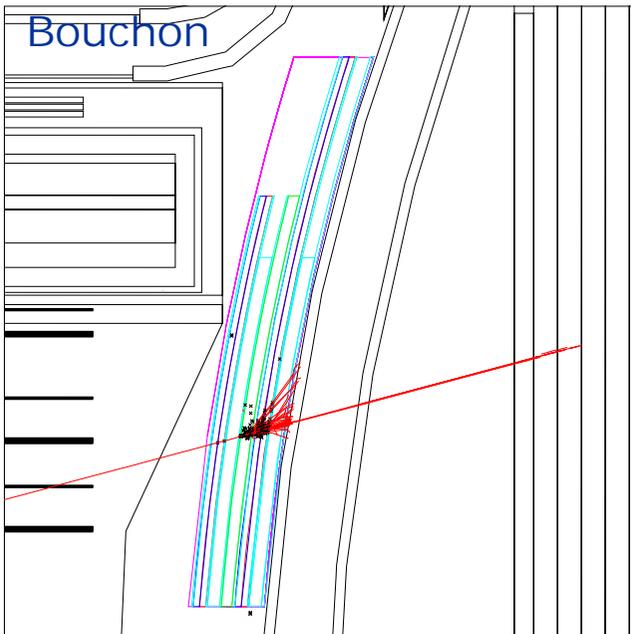
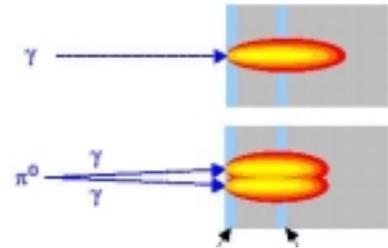


- Reconstruction des Vertex:
 - Vertex primaire $\sim 15\text{-}30 \mu\text{m}$ ($r\text{-}\Phi$) pour tt / bb
 - Vertex secondaire: $\sim 40 \mu\text{m}$ ($r\text{-}\Phi$) , $100 \mu\text{m}$ ($r\text{-}z$)

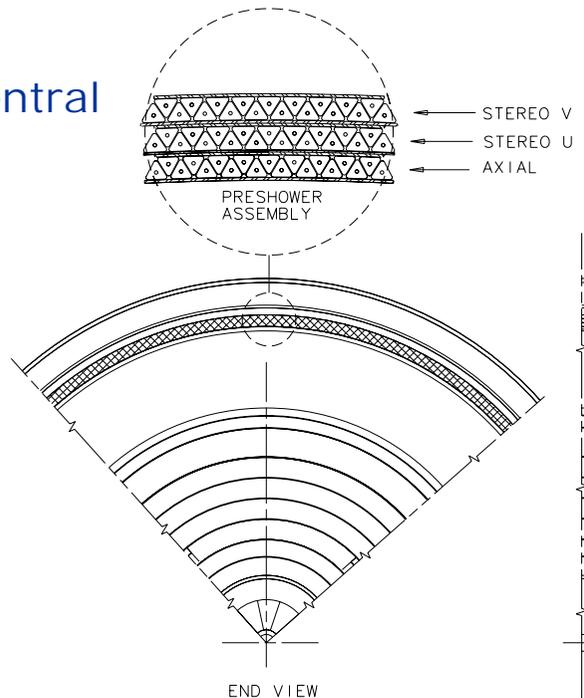
Détecteurs pied-de-gerbe

Caractéristiques:

- Couverture:
 - $|\eta| < 1.2$ et $2.0 < |\eta| < 2.5$
 - $R = 53$ cm
- 3 couches de pistes / Fibres scintillantes:
 - pré-radiateur $2X_0$ (solénoïde+) Pb
 - Mesures axiale et stereo
 - Canaux = 1280×3
- Performances:
 - Position : résolution < 1.4 mm (e-) / $600\mu\text{m}$ (μ -)
 - ID : étiquetage électron



Central



Détecteurs de Muons

Architecture

Région centrale:

- Chambres Proportionnelles à Dérive (PDT):
 - Gaz plus rapide (dérive + courte)
- Nouveaux scintillateurs:
 - 630 compteurs (70 en Φ X 9 en z)

Région Bouchon:

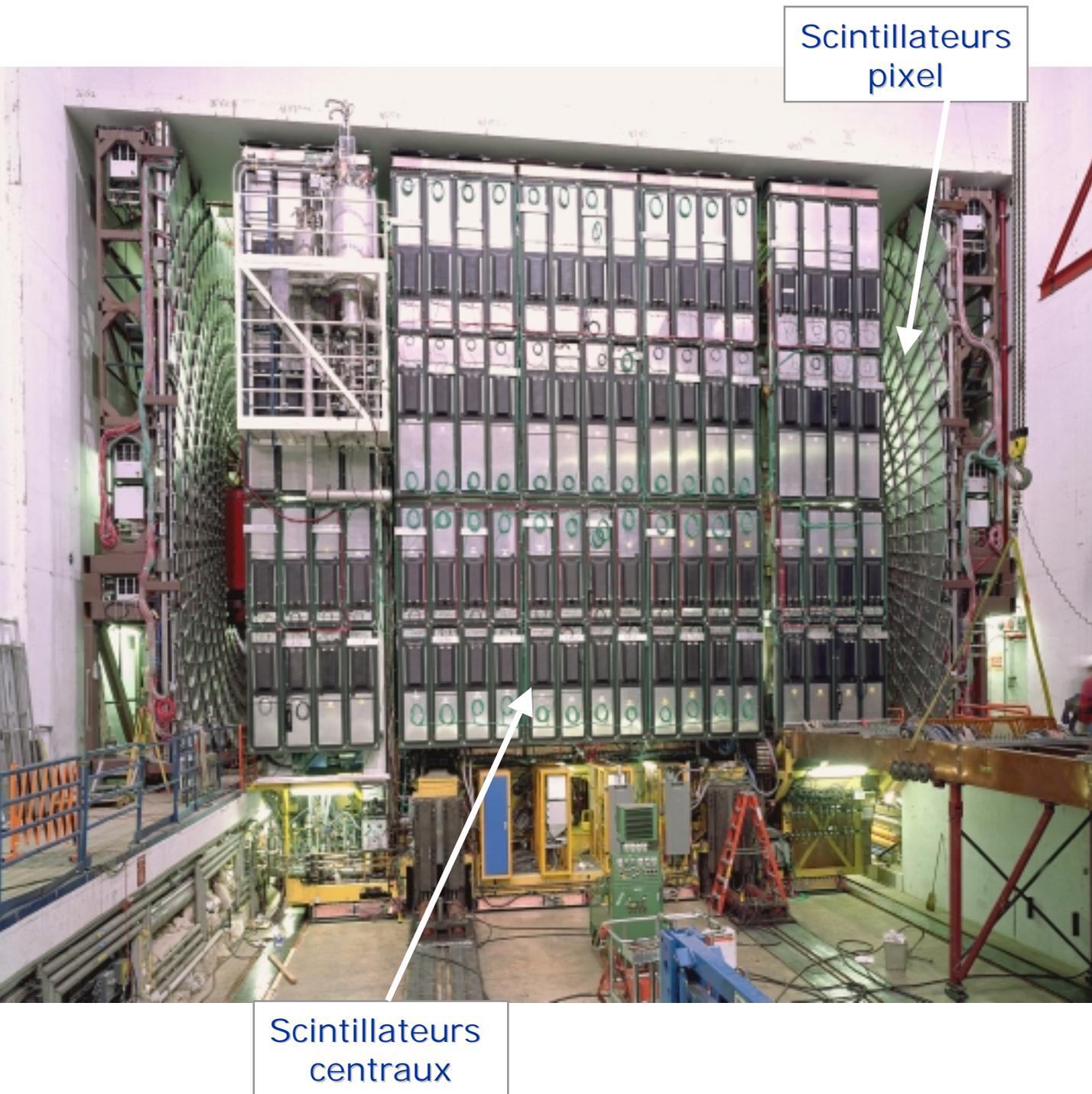
- Nouvelles PDT's:
 - Meilleure Granularité (1x1cm²)
 - Gaz « rapide » (dérive ~ 50ns)
- Nouvelles couches de Scintillateurs
 - Scintill. pixel ($\Delta\eta \times \Delta\phi = 0.1 \times 4.5^\circ$) / octant

Performances

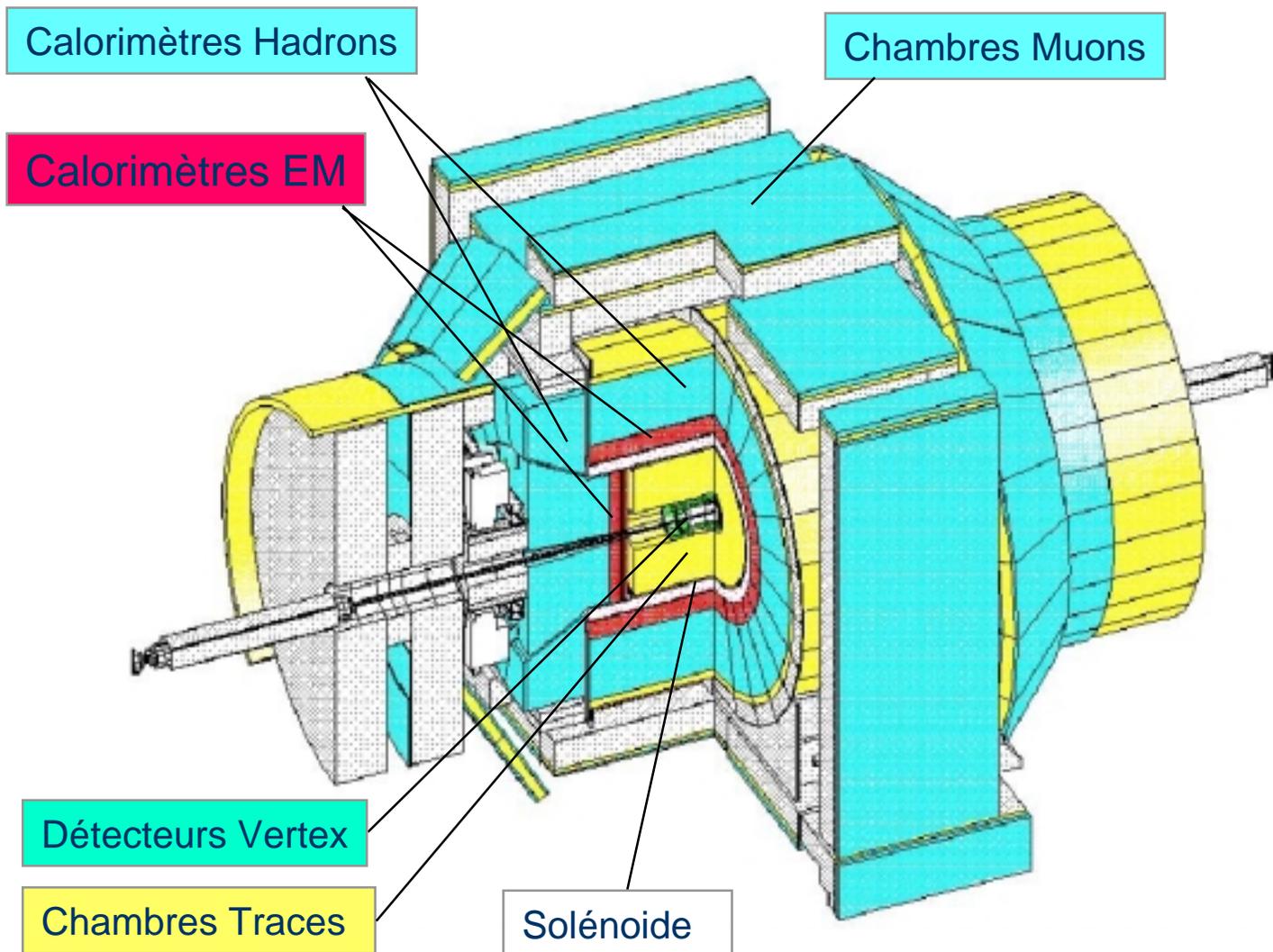
- Meilleure extension ($\eta < 2$)
- Déclenchement niveau 1:
 - Combiné av/ traces
 - Central/Bouchon
- Identification muon
 - avant le torroïd (muons de faible p_T)
- Etiquetage en temps
 - Rejet cosmic



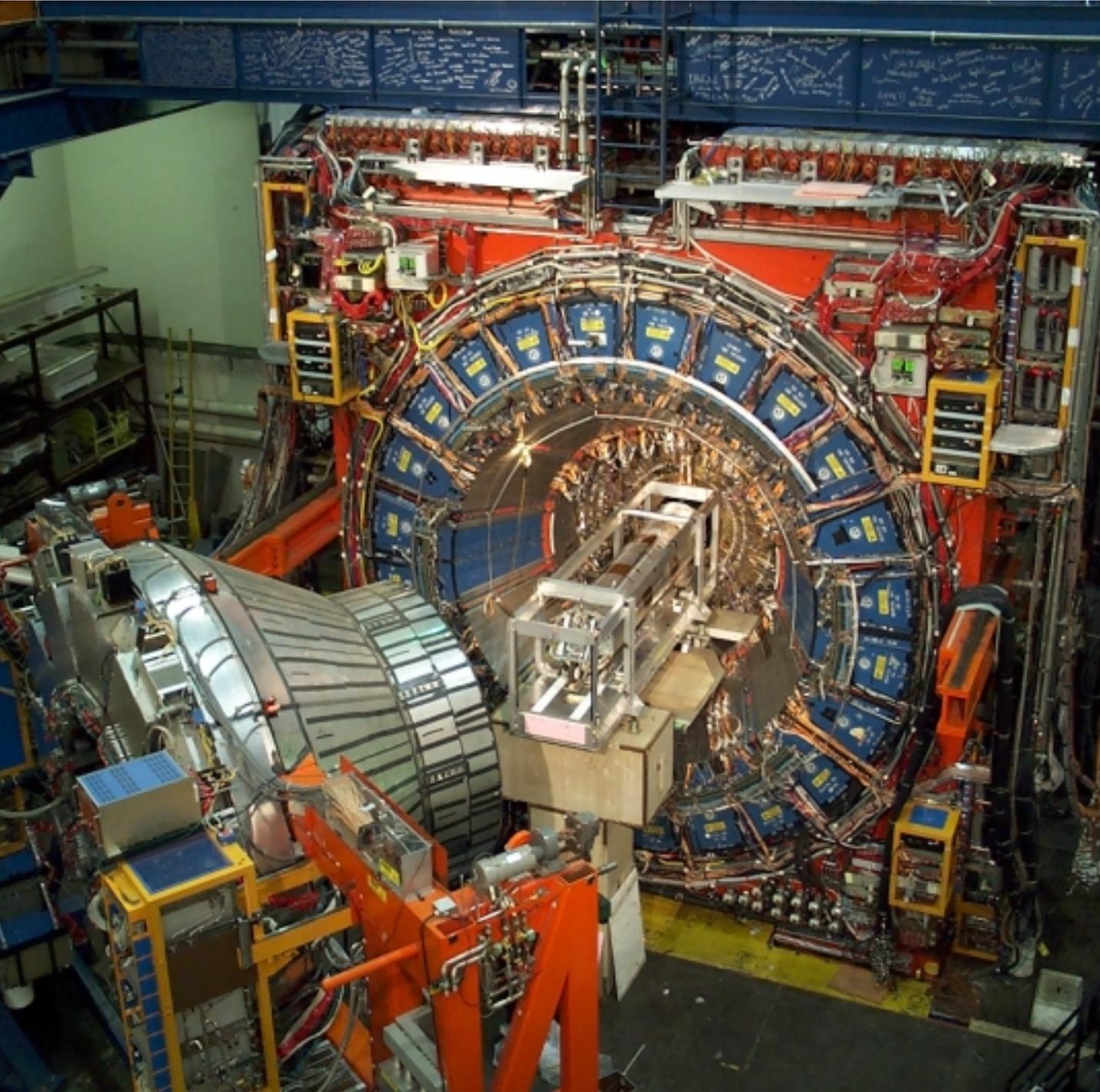
Détecteurs de muons



L'expérience CDF



Roll-In de CDF / Janvier 2001



Les atouts de CDF

Reconstruction des Traces

- Grand Volume de Tracking dans région centrale
 - Rayon de 1m
 - Acceptance accrue
- Nouvelle chambre à dérive Centrale:
 - Reconstruction des traces chargées
 - E/p avec calorimètre
- Nouveau système détecteur de Silicium:
 - Reconstruction autonome des traces
 - Nouveau détecteur de vertex avec "couche 0"
 - 3 couches intermédiaires

Identification des particules

- Nouveau détecteur a muons
 - Couverture étendue
- Nouveaux Scintillateurs muons
 - Time stamp : réjection cosmic
 - Seuil de déclenchement plus bas
- Détecteur "Time of Flight" (TOF)
 - Identification des kaons / pions

Calorimétrie EM et hadronique

- Calorimètre central inchangé
- Nouveau calorimètre bouchon
 - Couverture étendue

Reconstruction des traces à CDF

Architecture:

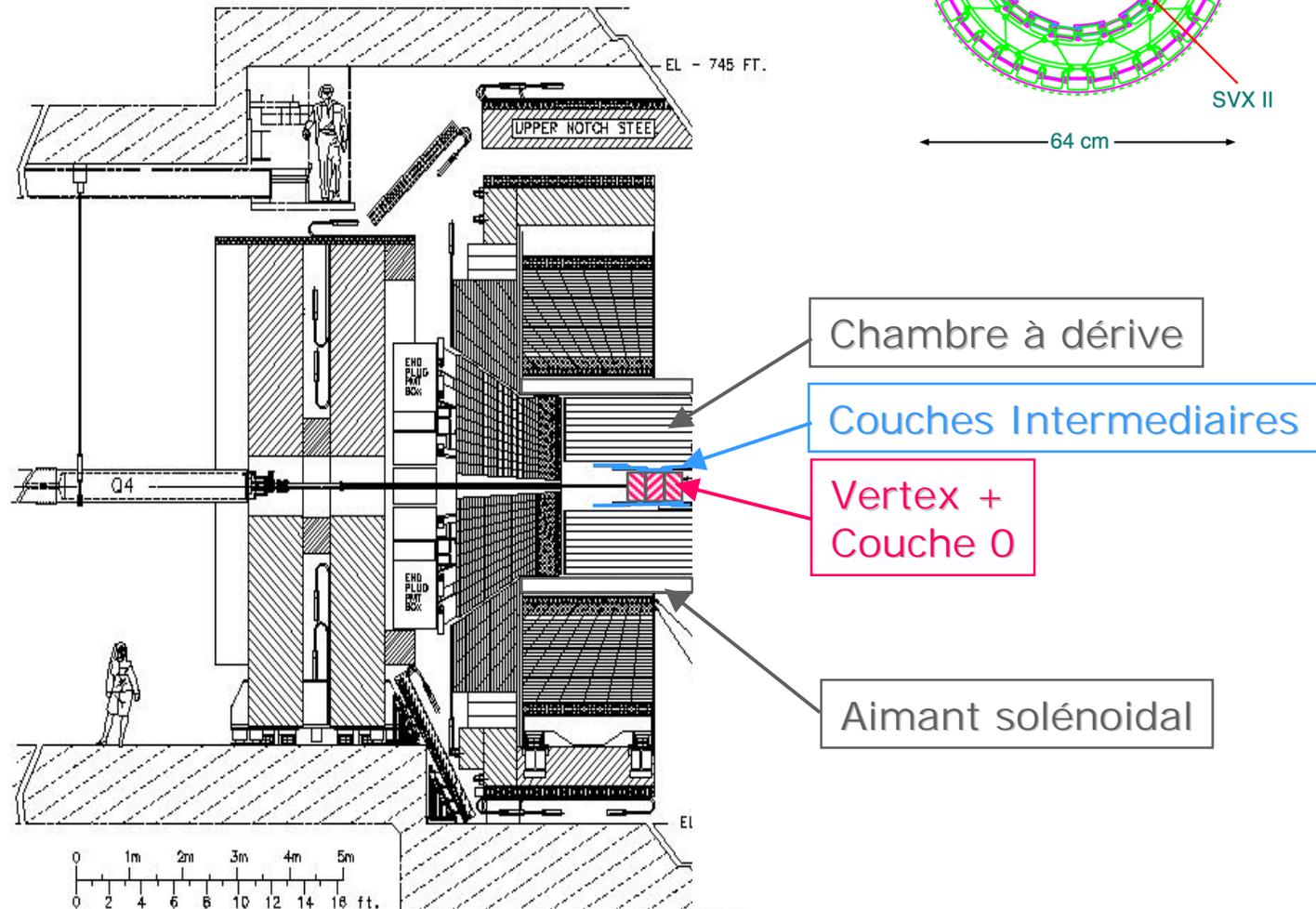
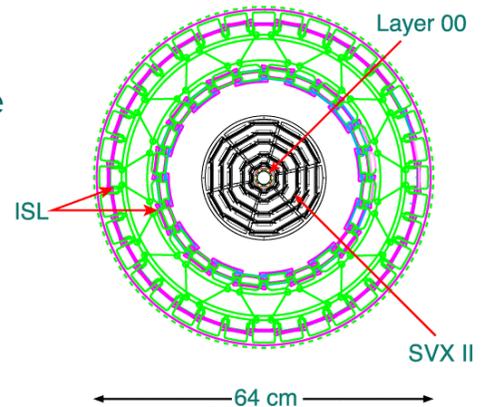
Deux systèmes autonomes:

1. Chambre à Dérive :

- Nouvelle chambre COT

2. Détecteurs de Traces au Silicium:

- 1 Couche 0 / proche Tube à vide
- détecteur Vertex (SVXII)
- 3 couches intermédiaires (ISL)

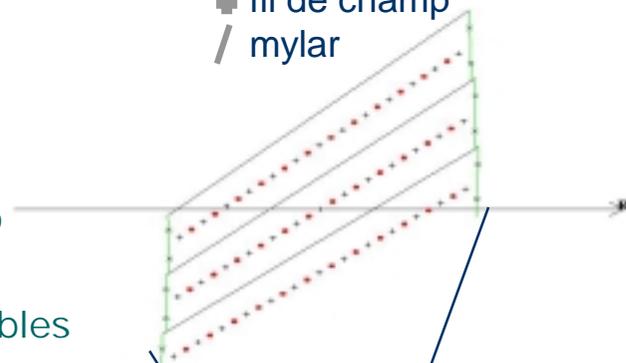


Chambre à dérives de CDF

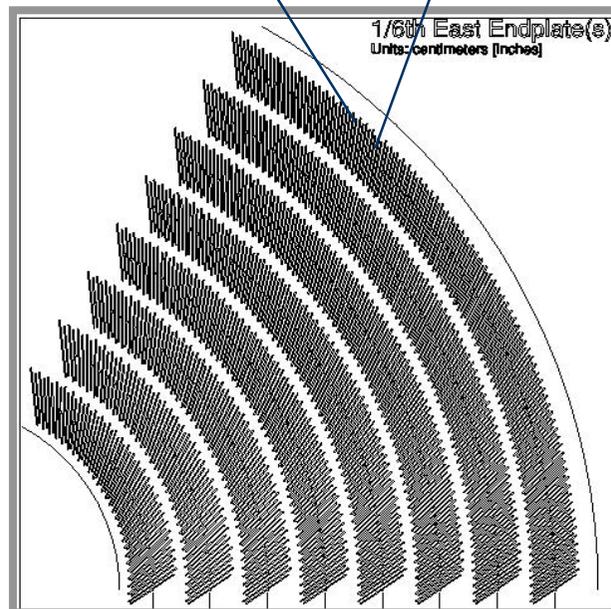
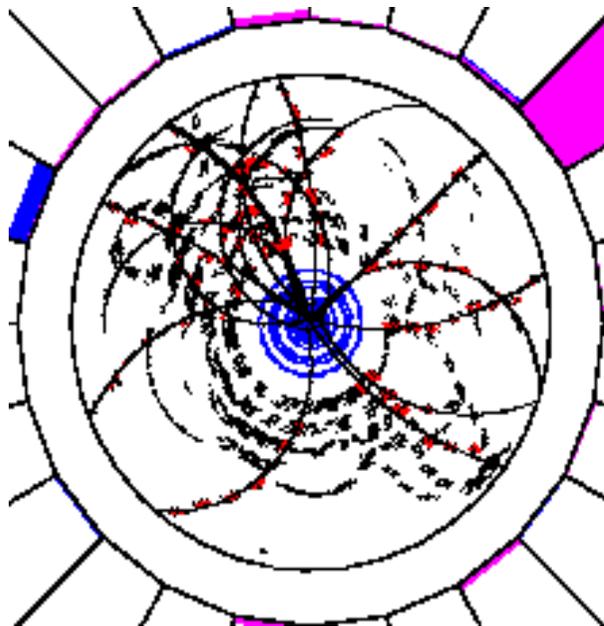
Caractéristiques

- Couverture:
 - $|\eta| < 1.0$
 - Rayon: 48 à 131 cm
- 8 super-couches:
 - 4 mesures axiales + 4 stereo
- 2520 cellules:
 - Gaz Ar-Et-CF₄ / 12 Fils sensibles
 - Dérive max. ~100 ns

- fil sensible
- fil de champ
- / mylar



Avril '01

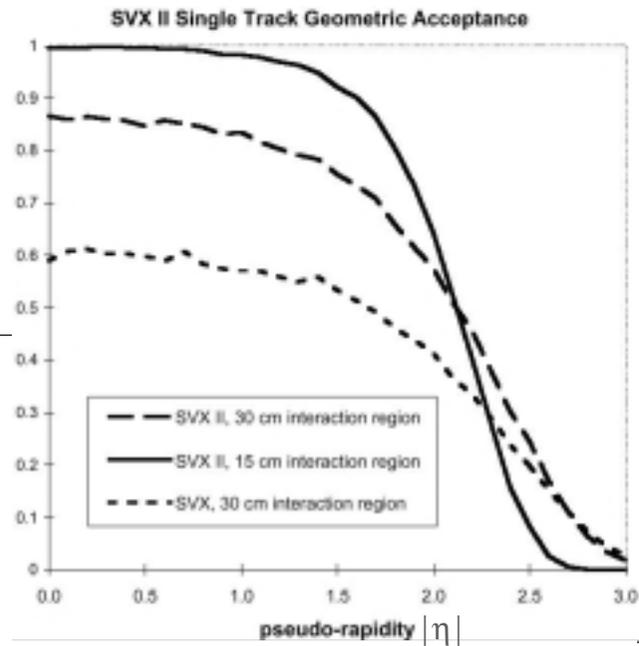
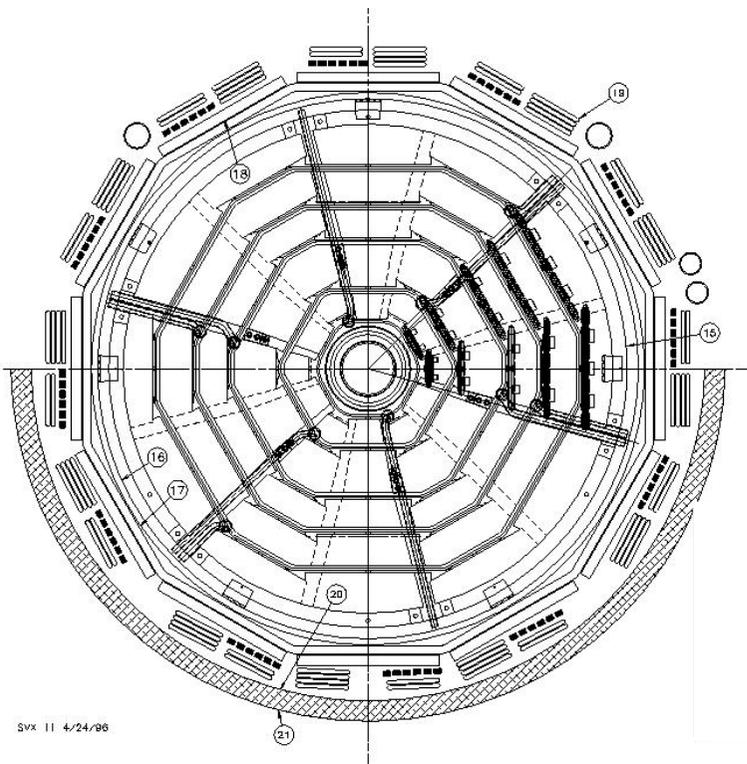


- Performances:
 - 96 points / trace
 - Efficacité > 95%

Détecteur de Vertex de CDF

Caractéristiques:

- Couverture:
 - $|\eta| < 2.0$
 - Rayon: 2.4 à 10.6 cm / Longueur: 87 cm
- 3 tonneaux / 5 couches double-face:
 - Cylindres Beryllium / pistes Silicium
 - Mesures axiale & stereo (3D)
 - 3 tonneaux / L=29cm
 - 406K canaux de lecture

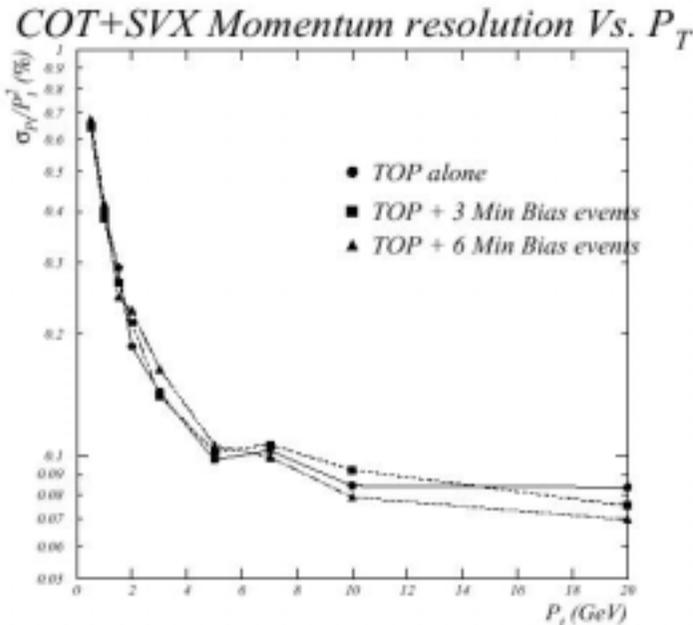
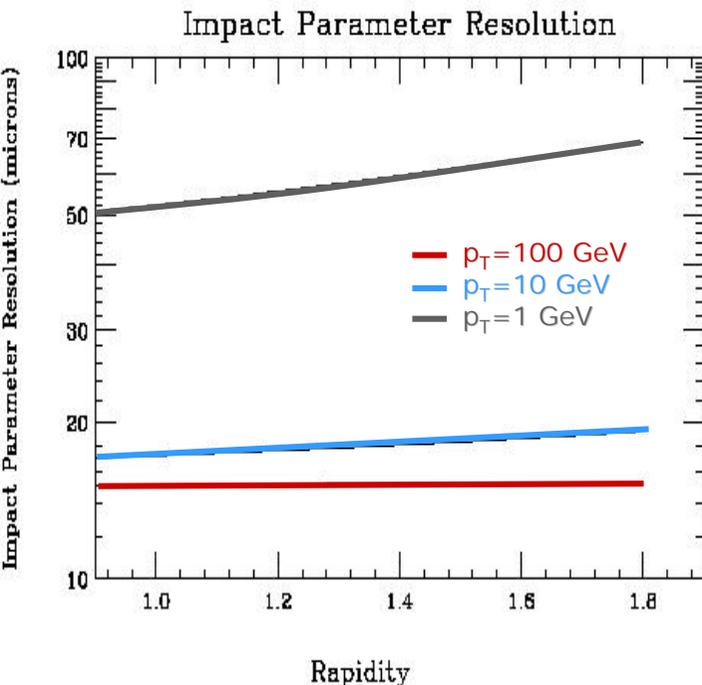


SVX II 4/24/96

Performance des détecteurs de Traces à CDF

Performances

- Grande efficacité de reconstruction
 - 2 systèmes autonomes
 - efficacité > 96% jusqu'à $|\eta| < 2.0$
- Résolution moment;
 - ($p_T < 3$ GeV/c): $dp_T/p_T^2 < 0.7\%$
 - ($p_T > 3$ GeV/c): $dp_T/p_T^2 < 0.15\%$
- Résolution sur paramètre d'impact:
 - $|\eta| < 1.0$ par. impact < 50 μm
 - $|\eta| < 2.0$ par. impact < 70 μm



Performance des détecteurs de Traces à CDF

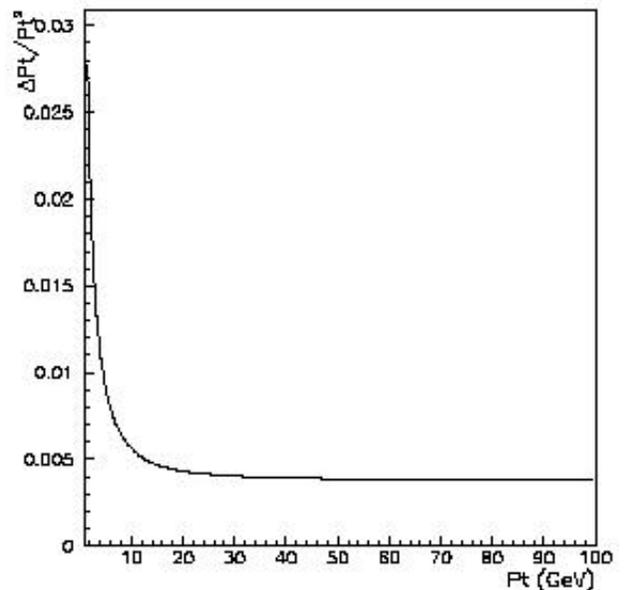
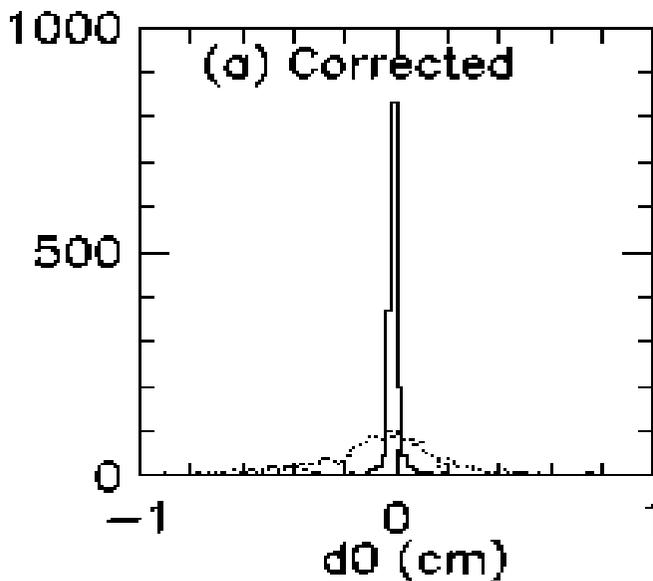
Performances dans l'étiquetage des b

- Reconstruction des Vertex:
 - Vertex primaire $\sim 15\text{-}30 \mu\text{m}$ (r- Φ) pour tt / bb
 - Vertex secondaire: $\sim 40 \mu\text{m}$ (r- Φ) , $100 \mu\text{m}$ (r-z)

- Efficacité d'étiquetage:

pp \rightarrow tt \rightarrow WbWb	
Détecteurs	$\epsilon(b)$
SVX+CTC	37.6 %
SVXII+COT	46.7 %
SVXII+ISL+COT	60.1 %

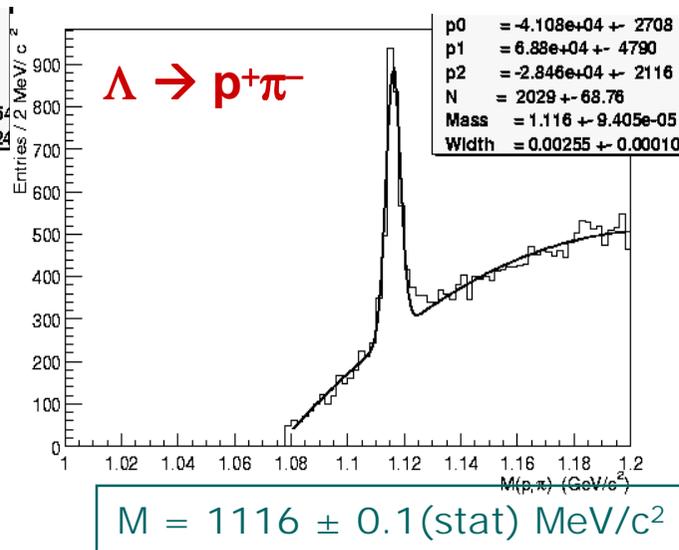
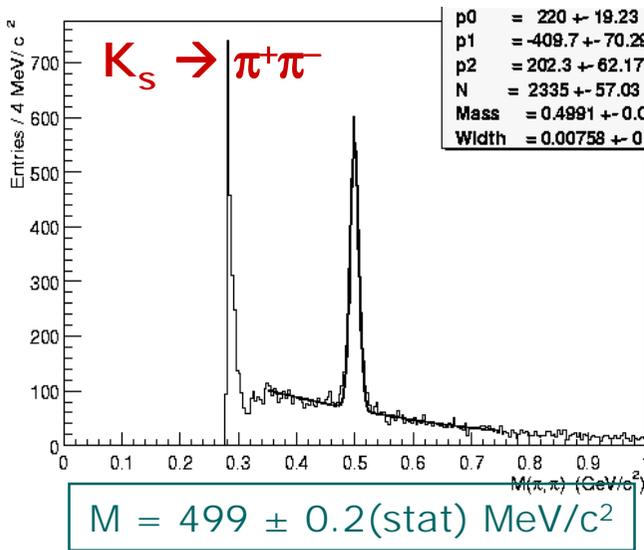
Run I



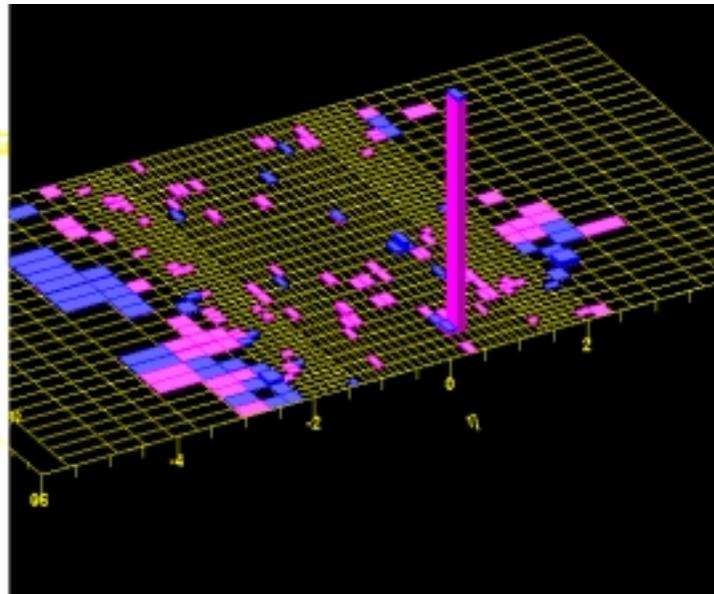
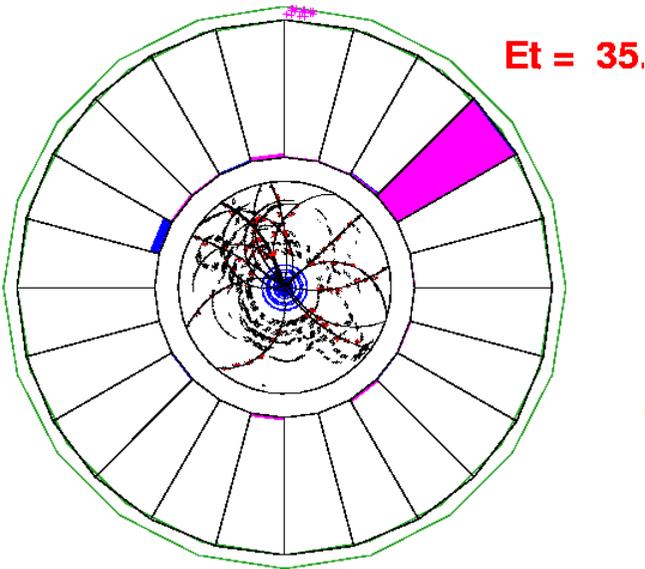
Performance du Tracking à CDF

Collisions d'Avril '01

- Test de reconstruction des traces:



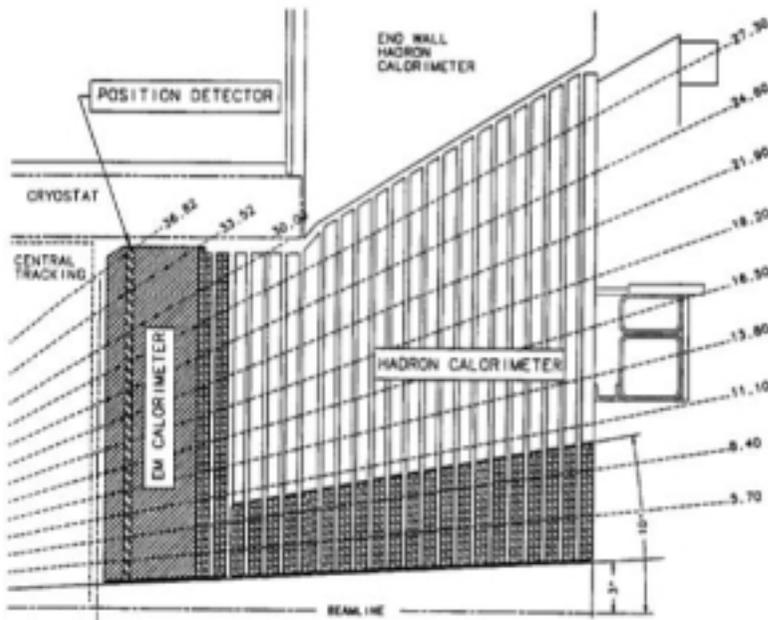
- Premier W ?



Calorimètres

Caractéristiques

- EM: Absorbeur : Pb / Echantillonneur: Scintillateur
- HAD: Absorbeur: Fe / Scintillateur
- Lecture par fibres scintillantes + fibres WLS
- Région Centrale:
 - $|\eta| < 1.0$
 - inchangée vs Run I
- Région Bouchon :
 - $1.0 < |\eta| < 3.6$
 - Nouveau Bouchon, même technologie que central (tuiles de scintillateurs lues par fibres WLS)
 - Longueur $21 X_0$



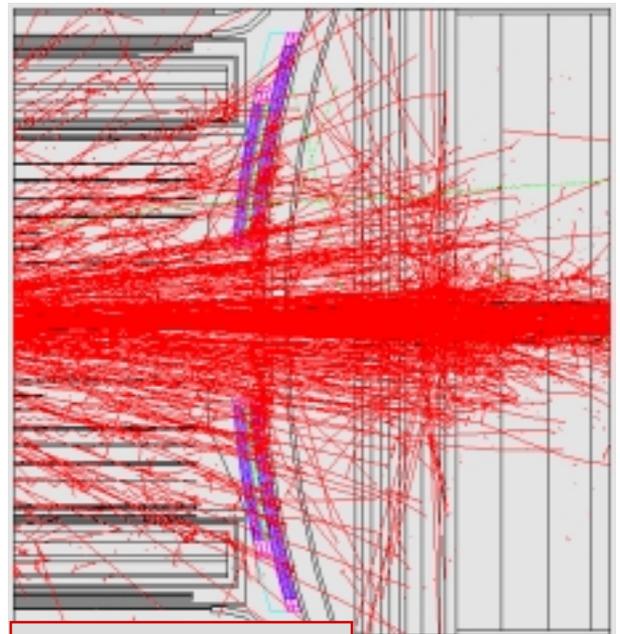
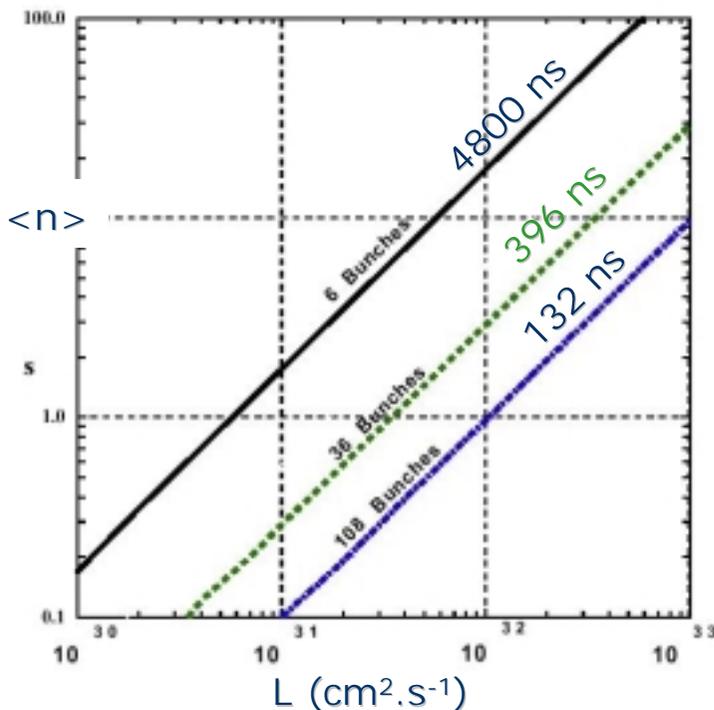
- Performances:
 - Central EM
 - 160 pe / GeV
 - $\sigma(\text{EM}) \sim 14\%/\sqrt{E} + 1\%$
 - Bouchon EM
 - 300 pe / GeV
 - $\sigma(\text{EM}) \sim 16\%/\sqrt{E} + 1\%$

Contraintes sur les détecteurs: nombre d'interactions/collision

Empilement d'événements

- Enjeu pour les analyses:
 - le nombre d'interactions / croisement est ≥ 1
 - présence de collisions inélastiques
 - présence d'interactions dues aux « quarks spectateurs »
- Nombre d'interactions / collision dépend:
 - luminosité instantanée L
 - durée entre deux collisions / nombre de paquets $p \times \bar{p}$
 - section efficace / événements inélastiques: $\sigma_{\text{inel}} \cong 70 \text{ mb}$

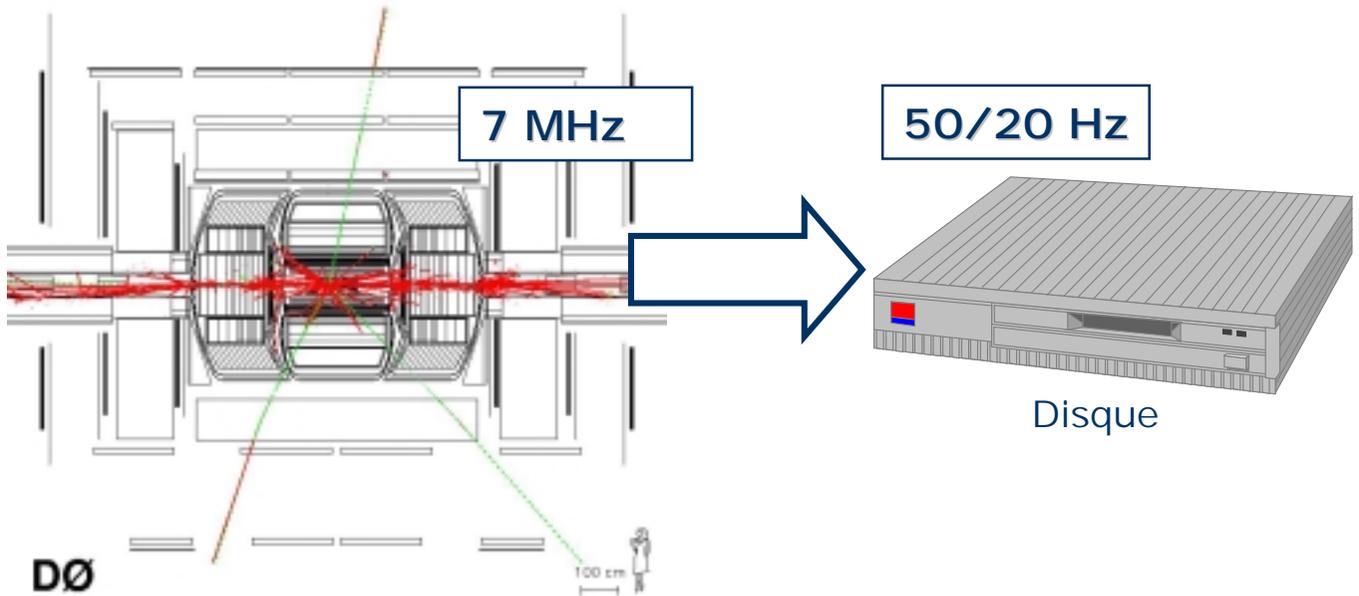
$$\langle n \rangle = L \times \Delta t \times \sigma_{\text{inel}}$$



1 evt + 6 mbias

Contraintes sur les détecteurs: le déclenchement

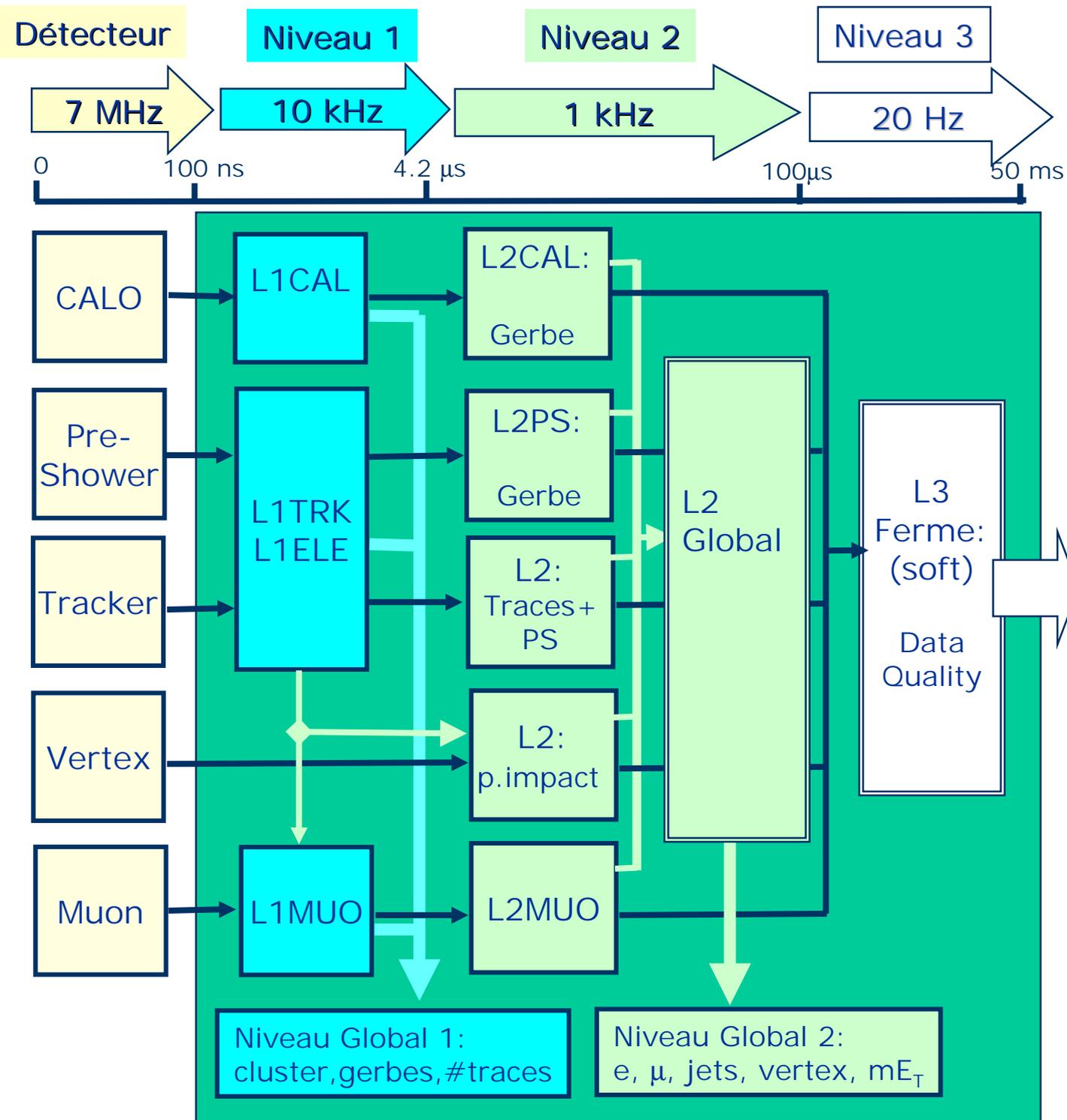
Importance du déclenchement



- Nécessités physiques :
 - Sélection événements incluant
 - leptons (mous, durs)
 - jets , énergie manquante
 - vertex déplacés
- Nécessités techniques:
 - rejet de facteur ~ 70000 (dijet)
 - prise de décision rapide (132 ns entre collisions)
 - utilisation d'une électronique avec « pipelines »

« LE DECLENCHEMENT DEFINIT LA PHYSIQUE »

Le déclenchement: Architecture

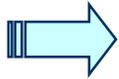


Résumé

Collisionneur

Accroissement du nombre d'antiprotons en collision:

- Mise en service de l'Injecteur Principal:
 - Faisceau de haute intensité de protons / 120 GeV
 - Recyclage des antiprotons
- Amélioration de la chaîne de production:
 - Station cible
 - Accumulation et stockage
- Nouveau refroidissement des faisceaux:
 - Par faisceau d'électrons

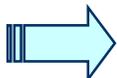


Energie collision $\sqrt{s} = 2.0 \text{ TeV}$
Luminosité $L = 15 \text{ fb}^{-1}/\text{exp. fin 2007}$
ie: facteur 150 vs Run I !

Détecteurs

Améliorations majeures:

- Identification de particules (acceptance, det. muons)
- Nouveaux détecteurs de traces
- Meilleur étiquetage des saveurs lourdes (b,c...)
- Nouvelle électronique « rapide »
- Capacités de déclenchement et d'acquisition accrues

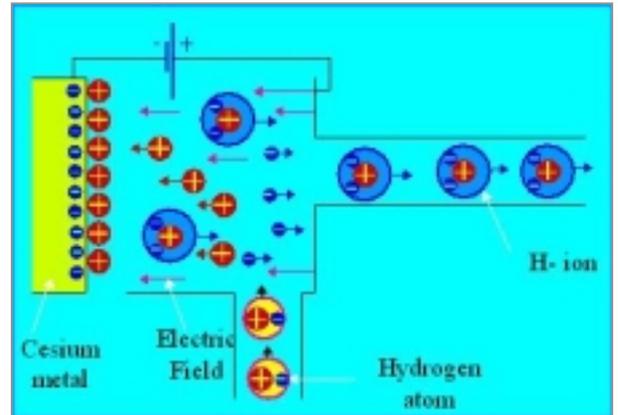


Détecteurs adaptés pour un Run
de haute luminosité

Production de protons

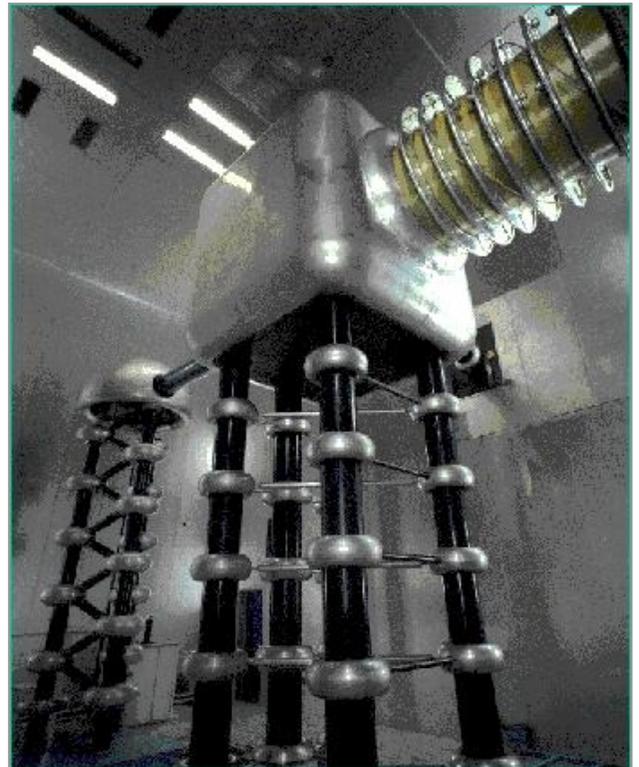
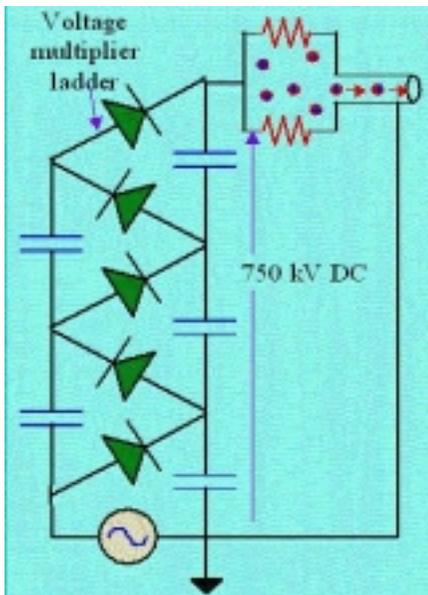
Production des ions H-

- Atomes Hydrogène dans E
 - Protons sur surface Cs
 - Habillage en H-
 - Dérive vers pole +



Accélérateur Cockroft-Walton

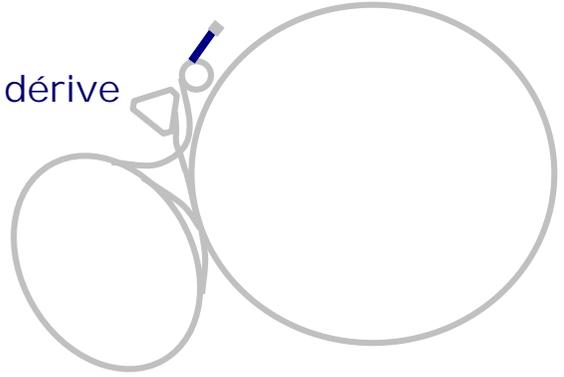
- Principe:
 - Série de N redresseurs de Schenkel
 - $E(\text{out}) = 2\sqrt{2} \times N \times E(\text{in})$
- Accélération H-:
 - 10 → 750 keV



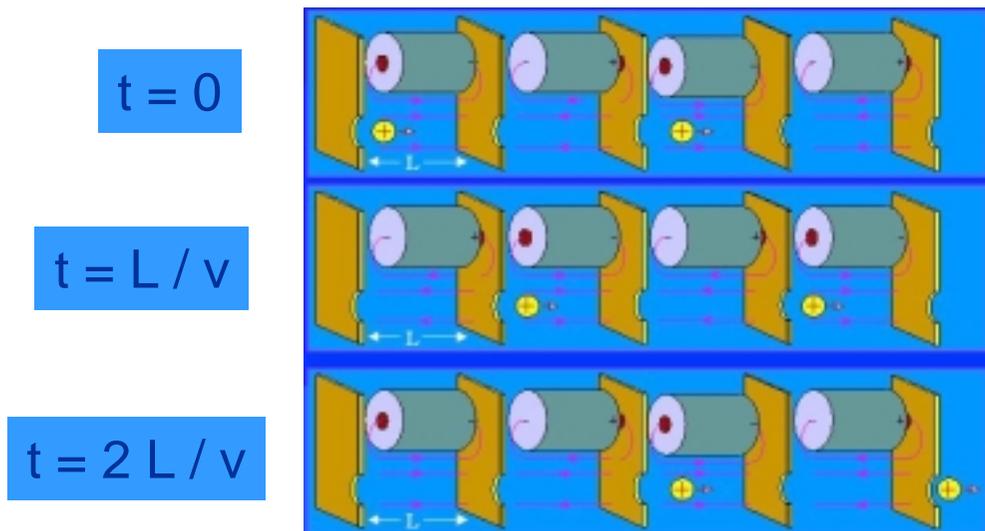
Accélérateur de protons: le Linac (1)

Caractéristiques:

- Accélérateur Linéaire de 130 m
- Cavités RF accélératrices & tubes dérive
 - Klystron (7)
 - Tetrodes+Ampli. (5)
- Fonctionnement
 - Accélération: 3 MV / m
 - Fréquence : 200 MHz



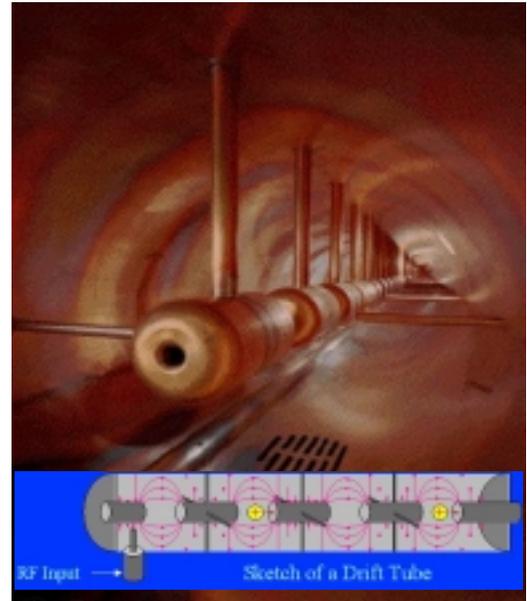
Principe de fonctionnement:



Accélérateur de protons: le Linac (2)

Caractéristiques du Faisceau

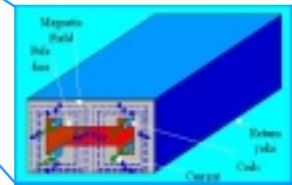
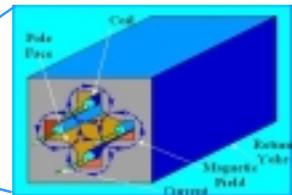
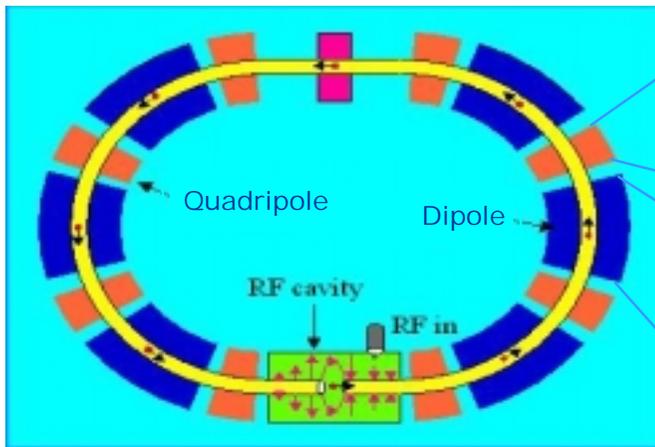
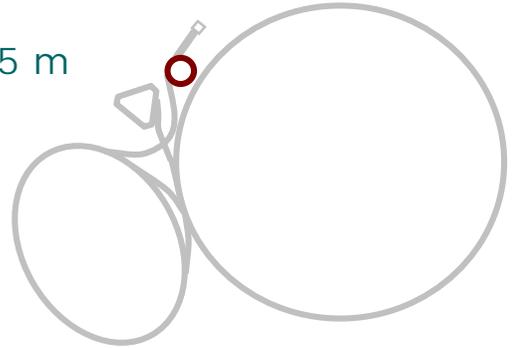
- Energie:
 - 750 keV → 400 MeV
- Structure:
 - Paquets espacés de 5 ns (1/200 MHz)
 - 4000 Paquets \equiv 1 pulse (20 μ s)
- Intensité:
 - $1.5 \cdot 10^9$ particules / pulse



Accélérateur de protons: le Booster

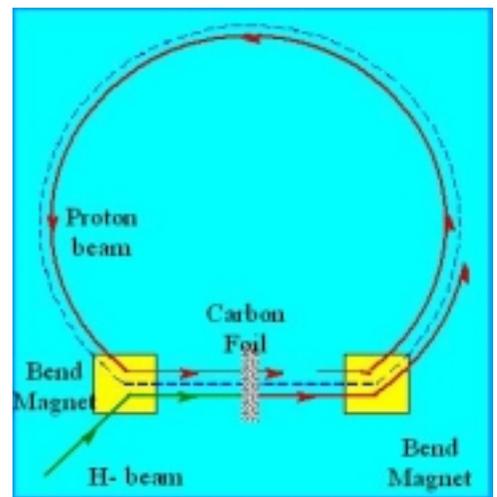
Caractéristiques

- 1er synchrotron: circonférence ~ 475 m
- Ensemble de cavités RF:
 - fréquence : \rightarrow 1 GHz
 - accélération: ~500kV / tour
- Guide magnétique & focalisation:
 - dipôles + quadripôles



Fonctionnement

- Input / Linac:
 - faisceau de p / pulse de 20 μ s
 - circonférence de ~2.2 μ s (@ 400MeV)
- Injection multi-tours:
 - Injection du Faisceau de H-
 - Déshabillage des H⁻ \rightarrow p
 - Capture des protons



Accélérateur de protons: le Booster

Caractéristiques du Faisceau

- Energie:
 - 400 MeV → 8.0 GeV
 - (~16000 tours / 0.033 s)
- Structure:
 - Paquets \equiv 1 pulse (20 μ s)
- Intensité:
 - 5 10^{12} protons / pulse

Tunnel du booster



Cavités RF du booster

